

**Інститут кібернетики НАН України імені В.М. Глушкова**  
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**  
Taras Shevchenko National University of Kyiv

**НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана**  
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

## **Сучасна кібернетика: Глушковські читання**

*Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції*  
(6 грудня 2024 р.)

*Випуск 13*

Київ 2024

**Сучасна кібернетика: Глушковські читання. XIII Міжнародна науково-практична конференція: Матеріали.** Київ: Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, 2024. Вип. 13. 326 с.

**Modern Cybernetics: Glushkov readings. XIII International scientific and practical conference: Materials.** Kyiv: V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, 2024. Issue 13. 326 p.

До збірника увійшли матеріали доповідей, представлених на XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасна кібернетика: Глушковські читання» (6 грудня 2024 р., м. Київ, Україна).

У збірнику представлені матеріали, присвячені таким питанням: математична кібернетика, системний аналіз, машинне навчання, нейромережі, штучний інтелект, хмарні та квантові обчислення; комп'ютерні засоби, автоматизовані системи управління, інформатизація, цифровізація, роботизація, відкрита наука; оптимізація та її застосування, чисельні методи та комп'ютерне моделювання; надійність і робастність складних систем; дослідження операцій і керовані процеси; інтелектуальні інформаційні технології; відеосистеми реального часу; мікропроцесорна техніка; сенсорні пристрої, системи та технології безконтактної діагностики; індуктивне моделювання та керування.

Для студентів, аспірантів, докторантів, здобувачів, фахівців у галузі знань F Інформаційні технології та її застосуваннях.

Укладачі:

В.М. Горбачук, С.О. Гавриленко, Т.Г. Голоцукова, О.С. Кушнір, Д.О. Рибачок.

*Матеріали доповідей учасників конференції подано в авторській редакції.*

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЛЕНАРНІ ВИСТУПИ.....                                                                                                                                                                        | 10 |
| <b>Тульчинський В.Г., Хіміч О.М.</b> Відкрита наука: зміст та перспективи у НАН України .....                                                                                                | 10 |
| <b>Червинський М.В., Палагін О.В.</b> Один підхід до вирішення проблем когнітивної еволюції з використанням систем з біологічним зворотнім зв'язком .....                                    | 14 |
| <b>ZagorodnyA.G., Bogdanov V.L., Ermolieva T., Komendantova N., Havlik P.</b> Integrated modeling for FEWE nexus security management: robust downscaling and models linkage procedures ..... | 18 |
| <b>Крак Ю.В., Бармак О.В., Стеля О.Б., Ковальчук О.В., Єфремов М.С.</b> Методи штучного інтелекту та сучасні числові підходи для виявлення, аналізу і розпізнавання даних з ЕКГ .....        | 22 |
| <b>Стецюк П.І., Хом'як О.М.</b> Оптимізаційні задачі М.В.Михалевича для міжгалузевих структурно-технологічних змін .....                                                                     | 24 |
| <b>Горбачук В.М.</b> Міждисциплінарність, передбачення структур білків і сингулярність .....                                                                                                 | 28 |
| <b>Рябошлик В.В.</b> Сучасний міжгалузевий баланс – для інноваційного відновлення і розвитку економіки України .....                                                                         | 36 |
| <b>Макаренко О.С.</b> Сильна антисипація (передбачення ) в моделях великих систем.....                                                                                                       | 39 |
| <b>Стрижак О.Є., Яременко А.А.</b> Когнітивна технологія формування генеративного інтелектуального середовища багатовимірною оцінювання, раціонального вибору та прийняття рішень .....      | 43 |
| СЕКЦІЙНІ ДОПОВІДІ.....                                                                                                                                                                       | 46 |
| <b>Баранов І.А.</b> Деякі підходи до аналізу криптографічної складності симетричного блочного алгоритму WBC1 .....                                                                           | 46 |

|                                                                                                                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Бардадим Т. О., Лефтеров О. В., Осипенко С. П. Ідеї, що покращують наше життя.....</b>                                                                   | <b>50</b> |
| <b>Богданова Л. М., Васильєва Л. В. Методи обчислювального інтелекту в задачах оптимізації технологічного процесу .....</b>                                 | <b>53</b> |
| <b>Бугайчук В. О. Прогнозування відтоку працівників в ІТ-компанії методами машинного навчання.....</b>                                                      | <b>56</b> |
| <b>Bagić О. А., Гупал М. А. Причини неповноти арифметики і формальних систем .....</b>                                                                      | <b>59</b> |
| <b>Василенко О. О. Розробка принципів суміщення бібліографічних записів для автоматизації зведеного каталогу .....</b>                                      | <b>63</b> |
| <b>Volynets K. The relevance of information technology in modern warfare .....</b>                                                                          | <b>66</b> |
| <b>Гавриленко С. О. Деякі проблеми на стадіях життєвого циклу багаторівневої розподіленої інформаційної технології організаційного типу в Україні .....</b> | <b>69</b> |
| <b>Гладченко О. В., Луценко Н. О. Інноваційні методи обробки та аналізу великих даних за допомогою машинного навчання і нейронних мереж .....</b>           | <b>73</b> |
| <b>Гладченко О. В., Степанюк К. В. Мікропроцесорна техніка .....</b>                                                                                        | <b>76</b> |
| <b>Гладченко О. В., Чалій К. Р. Відеосистеми реального часу .....</b>                                                                                       | <b>80</b> |
| <b>Годлюк В. В. Застосування теорії графів для моделювання та оптимізації взаємодії на цифрових платформах.....</b>                                         | <b>83</b> |
| <b>Голоцуков Г. В., Гавриленко С. О. Розвиток розподіленої інформаційної технології управління науково-технічною діяльністю НАН України.....</b>            | <b>87</b> |
| <b>Голоцукова Т. Г., Ламонов П. В. Динамічні нейронні мережі для адаптивних обчислень: основи та перспективи .....</b>                                      | <b>91</b> |
| <b>Голубов Г. Є., Пашко А. О. Гейміфікований підхід до побудови інтерактивного навчального посібника.....</b>                                               | <b>94</b> |
| <b>Гриб С. О., Гензерська С. Я. Використання випадкових процесів у обробці зображень та відео.....</b>                                                      | <b>96</b> |

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Гужва В. М.</b> Інтернет речей як інструмент цифрової трансформації академічних установ.....                                                           | 99  |
| <b>Денісова О. О.</b> Стратегії розвитку цифрових платформ підтримки інновацій.....                                                                       | 104 |
| <b>Денков І. Д.</b> Прогнозування пожежної небезпеки в лісах України на основі відкритих супутникових даних.....                                          | 108 |
| <b>Дербенцев В., Матвійчук А., Безкоровайний В., Кмітюк Т.</b> Використання великих мовних моделей для виявлення фейкового контенту в цифрових медіа..... | 112 |
| <b>Dorogovtsev D. A., Kustarova K. M.</b> Random point measures and bond trading forecast.....                                                            | 116 |
| <b>Дубко В. О.</b> Збереження систем (показників системи) в умовах сильних збурень.....                                                                   | 117 |
| <b>Дунаєвський М. С.</b> MLOps-архітектура сучасних інтелектуальних систем, що самонавчаються.....                                                        | 118 |
| <b>Духота І. І.</b> Перспектива нейромереж у стратегічному менеджменті. Значення стратегічного менеджменту у сучасному світі.....                         | 122 |
| <b>Дученко О. С., Нестеренко А. Н., Павлюк А. В.</b> До комп'ютерного моделювання нестационарних процесів.....                                            | 127 |
| <b>Єгер М. Д.</b> Задачі маршрутизації транспортних засобів та алгоритми їх розв'язання.....                                                              | 131 |
| <b>Єгоров О. Г., Пашко А. О., Теренчук С. А.</b> Використання графових нейронних мереж для підтримки процесу оцінки стану пошкоджених будівель.....       | 135 |
| <b>Єфремов М. С., Ляшко А. В.</b> Мікросервісний підхід до розробки та аналізу ЕКГ з носимих систем.....                                                  | 139 |
| <b>Zhelnovatenko Y. A.</b> Using machine learning to predict credit risks in banking ...                                                                  | 141 |

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Зектер М. І.</b> Методи інтелектуального аналізу процесів прийняття ключових рішень нейромережевими технологіями.....                        | 144 |
| <b>Зелінський В. С.</b> Застосування комп'ютерного зору з елементами штучного інтелекту для позиціонування БПЛА в умовах відсутності GNSS ..... | 146 |
| <b>Карпець Е. П., Кікоть Г. Ф., Панасенко С. В.</b> Деякі аспекти імітаційного моделювання ресурсного забезпечення в економіці .....            | 150 |
| <b>Касім А. М.</b> Веб-базована геоінформаційна система з онтолого-керованою архітектурою .....                                                 | 154 |
| <b>Котух Є. В.</b> Проблема визначення періоду в квантовому криптоаналізі.....                                                                  | 158 |
| <b>Краснюк М. Т., Науменко М. А.</b> Детекція аномалій та загроз у великих бізнесових даних.....                                                | 163 |
| <b>Крячок О. С., Правдохіна К. А.</b> Про захист даних у децентралізованих системах платежів на платформі Stripe.....                           | 169 |
| <b>Кузнєцов В. О., Крак Ю. В., Куляс А. І.</b> До розробки середовища тестування великих мовних моделей .....                                   | 172 |
| <b>Кулик В. В.</b> Галузево-регіональний розподіл мультиплікації кінцевих споживчих витрат в економіці України .....                            | 174 |
| <b>Кушнір О. С., Скороход Д. А.</b> Застосування алгоритмів формування портфелю в створенні корпоративного програмного забезпечення .....       | 176 |
| <b>Letych A. A.</b> Prospects for AI in the public sector .....                                                                                 | 178 |
| <b>Мазурець О. В., Віт Р. В.</b> Метод тематичної класифікації текстів з використанням машинного навчання.....                                  | 180 |
| <b>Макаренко М. Б., Кудак Д. М.</b> Актуальність використання генераторів паролів у сучасному цифровому просторі.....                           | 184 |
| <b>Mozgalli O. P., Klymenko D. V.</b> Artificial intelligence in game development.....                                                          | 188 |
| <b>Mozgalli O. P., Lisovskyi O. S</b> Using neural networks for analysis of cryptocurrency news .....                                           | 192 |

|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Мозгаллі О. П., Проценко Б. П.</b> Технологічна модернізація України в епоху становлення індустрії 5.0.....                                                                                  | 196 |
| <b>Молчанова М. О.</b> Метод нейромережевого виявлення прийомів пропаганди за маркерами у текстовому контенті з візуальною аналітикою прийнятих рішень .....                                    | 203 |
| <b>Ніжегородцев В. О., Левицький В. О., Саханда А. І.</b> Роль гейміфікації в сучасній візуальній культурі .....                                                                                | 207 |
| <b>Ніжегородцев В. О., Помінчук Я. В.</b> Сучасні тренди моушн-дизайну у цифровому маркетингу .....                                                                                             | 211 |
| <b>Нікітченко М. С.</b> Номінативні збагачення систем алгоритмічних алгебр .....                                                                                                                | 214 |
| <b>Овчарук О. М., Мазурець О. В.</b> Метод аналізу проявів посттравматичного стресового розладу за нейромережовим аналізом текстів .....                                                        | 218 |
| <b>Орехова Н. А., Коваль В. П., Лук'янов І. О.</b> Порівняння різних методів оцінки значущості факторів у лінійних моделях.....                                                                 | 222 |
| <b>Ошкодьоров Є. О.</b> Оптимізація нейронної мережі Кохонена в SCADA-систему для задач розвідки та видобування вуглеводнів .....                                                               | 226 |
| <b>Пантелеймонов А. А., Щетинін Д. І., Коваль В. П.</b> Ефективне розмноження даних у комунікаційній моделі публікації-підписки.....                                                            | 230 |
| <b>Пашко А. О., Сучков В. І.</b> Застосування згорткових нейронних мереж для класифікації рентген-знімків легень .....                                                                          | 234 |
| <b>Писаренко Ю. В., Мамедова К. Ю., Коваль О. С., Рево Е. М.</b> Деякі питання застосування регіональних ситуаційних центрів інтелектуальної системи «Управління ТЕП» з використанням БПЛА..... | 237 |
| <b>Поліщук О. Д., Поліщук Д. О.</b> Стратегії захисту складних мережесистем та багатопарових мережесистем.....                                                                                  | 241 |
| <b>Raspopov V. B., Semyanovsky V. M.</b> Didactic aspects of using artificial intelligence in humanities education for students and schoolchildren .....                                        | 245 |

|                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Рашевський М. О., Новік Т. М.</b> Асимптотичне розв'язування задачі оптимального керування нестационарними системами з післядією .....                               | 248 |
| <b>Рибачок Д. О.</b> Вплив хмарних сховищ на розподілені обчислення .....                                                                                               | 250 |
| <b>Рубанець О. М.</b> Кібернетичний підхід у контексті методології сучасної науки .....                                                                                 | 253 |
| <b>Савчук А. В., Крак Ю. В.</b> Про використання методів штучного інтелекту для оптимізації розподілу ресурсів .....                                                    | 255 |
| <b>Sierov I. S.</b> Application examples and perspectives of fine-tuning large language models.....                                                                     | 258 |
| <b>Симонов Д. І.</b> Про методи організації складних аналітичних проєктів у машинному навчанніI .....                                                                   | 262 |
| <b>Skobelev V. G., Skobelev V. V.</b> A linear model of interaction between two populations .....                                                                       | 266 |
| <b>Собко О. В.</b> Метод виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстових даних нейромережевими засобами.....                                                      | 269 |
| <b>Стасцький М. О.</b> Обґрунтування стратегічних рішень бізнес-організацій з використанням смарт-технологій .....                                                      | 273 |
| <b>Тарасов А. Л.</b> Баєсівський підхід при розпізнаванні еритроцитозів .....                                                                                           | 277 |
| <b>Тиводар С. Р.</b> Сайт PАСКОМАНIA: задачі пакування кругів та куль .....                                                                                             | 281 |
| <b>Тішков Б. О., Любимов Н. Д.</b> Інструменти зі збору та аналізу даних у соцмережах і пошукових системах.....                                                         | 282 |
| <b>Товстенко Л. М., Косовець М. А., Товстенко О. М.</b> Нейромережеві технології у розподілених відмовостійких системах реального масштабу часу для задач локації ..... | 286 |
| <b>Tovtyn M. M., Levchuk O. M.</b> Development of artificial intelligence technologies to improve the recovery of audio data components .....                           | 291 |



|                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Трохимчук П. П.</b> Деякі проблеми створення універсальної теорії інформатики .....                                                                                                     | 293 |
| <b>Устенко С. В., Гудименко О. Ю., Вознюк Я. Ю.</b> Інформаційна система кліматичного контролю теплиці .....                                                                               | 297 |
| <b>Устенко С. В., Онищенко В. Б., Вознюк Я. Ю.</b> Інформаційна управляюча система контролю якості повітря в реанімаційних відділеннях міських лікарень.....                               | 301 |
| <b>Устенко С. В., Тішков Б. О., Безпалько В. М., Безпалько Ю. С.</b> Використання CRM-систем у підвищенні клієнтоорієнтованості бізнесу .....                                              | 305 |
| <b>Фесенко М. Б.</b> Загальна класифікація особо небезпечних засобів .....                                                                                                                 | 308 |
| <b>Фесенко М. Б.</b> Схемотехнічний метод моделювання особо небезпечних засобів .....                                                                                                      | 312 |
| <b>Cherhykalo D. O.</b> Physical informed neural network for life extension.....                                                                                                           | 316 |
| <b>Щетинін Д. І., Пантелеймонов А. А., Козлюк О. М.</b> Розширення набору підтримуваних інтелектуальних сенсорів моніторингу добової активності та рівня втоми в хмарному середовищі ..... | 320 |
| <b>Яковлєв С. В.</b> Деякі алгебраїчні властивості імовірностей $RX$ -диференціалів булевих відображень .....                                                                              | 323 |

## ПЛЕНАРНІ ВИСТУПИ

**ВІДКРИТА НАУКА: ЗМІСТ ТА ПЕРСПЕКТИВИ У НАН УКРАЇНИ**

Тульчинський В.Г. [dep145@gmail.com](mailto:dep145@gmail.com), Хіміч О.М. [khimich505@gmail.com](mailto:khimich505@gmail.com)

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Відповідно до Рекомендації ЮНЕСКО 2021 р., *відкрита наука* — це поєднання різноманітних принципів, правил і засобів, спрямованих на те, щоб наукові знання, викладені різними мовами, були загальнодоступними та придатними для повторного використання, відтворення і перевірки з метою розширення співпраці й обміну інформацією на благо науки і суспільства, а також для трансформації процесів створення, оцінювання і поширення наукових знань для усього суспільства й поза межами наукової спільноти. В практичному сенсі йдеться про поєднання трьох головних елементів:

1) *відкриті наукові публікації* передбачають доступ в Інтернеті та легальної можливості використання згідно з умовами ліцензій відкритого доступу Creative Commons (спільні творчі надбання):

*повні тексти* відкритих наукових публікацій мають бути доступні будь-кому безкоштовно за прямим постійним інтернет-посиланням, прив'язаним до DOI (цифрового ідентифікатора об'єкта),

*метадані* (назва, автори, ключові слова, резюме, у т.ч. обов'язково — англійською мовою) за стандартним переліком у стандартному форматі (Дублінського ядра) оприлюднюються у міжнародні бази чи сховища даних (репозитарії) за стандартним протоколом (OAI-PMH),

дані використані у відкритій публікації (у таблицях, на діаграмах тощо) оприлюднені як *відкриті дослідницькі дані* з відповідним посиланням у тексті (за неможливості оприлюднення обов'язково наводиться причина);

2) *відкриті дослідницькі дані* — надання доступу до інформації в електронному вигляді (текстові записи, таблиці, графіки тощо), що необхідна для підтвердження висновків і результатів досліджень у наукових публікаціях, у формі, яка відповідає принципам FAIR [1]:

**Findability** (відшукуваність) — DOI, чи постійна гарантована інтернет-адреса, передавання метаданих у світові агрегатори і пошукові системи,

**Accessibility** (доступність) — надання ліцензії відкритого доступу,

**Interoperability** (сумісність) — зручність автоматичного використання, тобто прості, широко вживані формати даних, або надання детального опису формату і програми з відкритими кодами, наявність класифікаторів, максимальне заповнення полів метаданих тощо,

**Reusability** (придатність до багаторазовість використання) — зрозумілість даних для людини-дослідника завдяки змістовному опису;

3) *відкрита дослідницька інфраструктура* — сукупність засобів, ресурсів та пов'язаних з ними послуг, які використовуються науковим співтовариством для проведення досліджень. Відкрита дослідницька інфраструктура в НАН України реалізується в рамках Центрів колективного користування обладнанням. Доступ до відкритої дослідницької інфраструктури (не обов'язково безкоштовний) дає можливість відтворити проведений експеримент, а отже – незалежно перевірити науковий результат з використанням *відкритих дослідницьких даних*.

Чому відкрита наука стала нагальною? Почасти її впровадження відповідало політичним трендам другої половини 10-х років: обмежений доступ до найкращих журналів, баз даних, наукового устаткування і програм надає несправедливу перевагу системним науковцям з розвинених країн. За поступом відкритої науки є і раціональні меркантильні мотиви. Зокрема, обмежений доступ до даних викликає дублювання експериментів і коштовного обладнання, призводить до фінансування схожих досліджень. Але головним фактором став інтернет. Паперові примірники журналів почали втрачати роль джерела наукової інформації, поступившись електронним архівам і бібліотекам. Електронні копії наукових статей дають можливість необмеженого копіювання, отже видавці наукових журналів з обмеженим доступом почали втрачати прибуток від підписки. Одним з важливих факторів, що заклали основу подальшому руху за відкритий доступ став успіх arXiv.org, разом зі швидким зростанням

популярності серед авторів і читачів ідеї щодо швидкого оприлюднення і випробування отриманих результатів до подання у журнали на офіційне рецензування. Спочатку препринтами стали користуватись фізики і математики, потім масово долучились біологи, медики і спеціалісти з штучного інтелекту. Експоненційне зростання потоку препринтів (особливо під час пандемії COVID- 19) [2] і досить висока якість контенту [3] перетворили arXiv.org на поважне джерело найновіших наукових знань з високим індексом цитування. В решті розширення впливу і підвищення ролі наукових інтернет-ресурсів привело до появи Плану S [4], як ініціативи з надання необмеженого відкритого доступу до наукових публікацій. Під тиском наукової спільноти та надавачів грантів наукові журнали перетворюються з джерела нового знання на джерело перевіреної і визнаної, але дещо застарілої інформації.

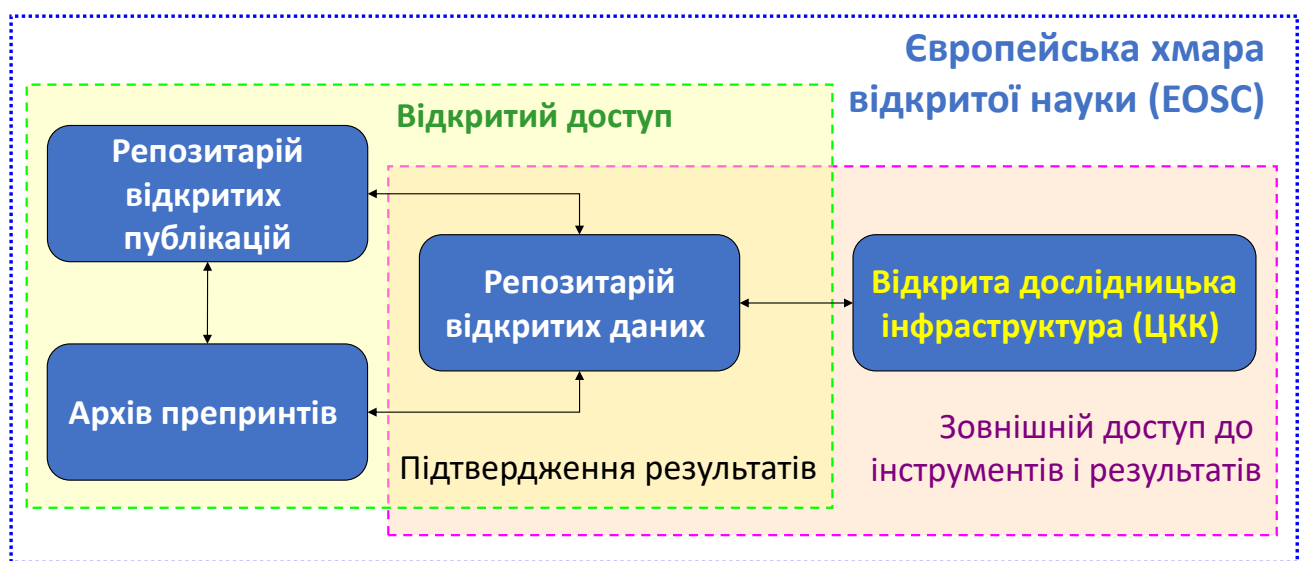


Рис. 1. Типова інфраструктура відкритої науки.

Для впровадження відкритої науки створюються розподілені інформаційні інфраструктури на міжнародному, регіональному, національному, галузевому рівні тощо. Зразком такої інфраструктури стала Європейська хмара відкритої науки (European Open Science Cloud, EOSC), структурну схему якої наведено на рис. 1. Ця структура дублюється на всіх рівнях ієрархії і пов'язується інформаційними потоками передавання метаданих знизу-вгору.

8 жовтня 2022 р. Уряд України схвалив розпорядження «Про затвердження національного плану щодо відкритої науки». Так Україна приєдналась до країн ЄС, що мають затверджений план реалізації принципів відкритої науки. На виконання цього плану Президія НАН України ухвалила постанову «Щодо участі НАН України в реалізації європейських принципів відкритої науки», організувала робочу групу, що підготувала проєкт Концепції реалізації європейських принципів відкритої науки в НАН України на 2024—2030 рр., який визначає політику НАН України з упровадження відкритої науки і реалізувала умови переходу до відкритої науки в рамках Цільового науково-технічного проєкту НАН України (ЦНТП) «Створення й впровадження інфраструктури відкритої науки в НАН України (OPENS) на 2023—2024 роки».

В результаті успішного виконання ЦНТП OPENS, в НАН України створені умови для впровадження відкритої науки: введено в експлуатацію Інфраструктуру відкритої науки НАН України та затверджено необхідну нормативну базу її функціонування та застосування ліцензій відкритого доступу. Детальну інформацію про відкриту науку та вхід до всіх підсистем Інфраструктури відкритої науки НАН України можна знайти на сайті [5].

#### Список використаних джерел

1. FAIR Cookbook. URL: <https://faircookbook.elixir-europe.org/content/home.html>
2. Ginsparg P. Lessons from arXiv's 30 years of information sharing. *Nat. Rev. Phys.* 2021. 3(9). P. 602—603. DOI: [10.1038/s42254-021-00360-z](https://doi.org/10.1038/s42254-021-00360-z)
3. Carneiro C.F.D., Queiroz V.G.S., Moulin T.C. et al. Comparing quality of reporting between preprints and peer-reviewed articles in the biomedical literature. *Res. Integr. Peer Rev.* 2020. 5: 16. DOI: [10.1186/s41073-020-00101-3](https://doi.org/10.1186/s41073-020-00101-3)
4. План S. URL: <https://www.coalition-s.org/>
5. Головний портал відкритої науки НАН України. URL: <https://openscience.nas.gov.ua/>

# ОДИН ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ КОГНІТИВНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ З БІОЛОГІЧНИМ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ

Червинський М.В. [mchervinskyi@gmail.com](mailto:mchervinskyi@gmail.com),

Палагін О.В. [palagin\\_a@ukr.net](mailto:palagin_a@ukr.net)

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

Еволюція – це природний процес змін, який відбувається в організмах протягом поколінь. Вона складається з мутацій, адаптації та природного відбору, що дозволяють видам виживати та розвиватися. Людина також є продуктом цього еволюційного процесу, але її розвиток вийшов за межі біології завдяки свідомості та інтелекту. Цей "квантовий стрибок" проявився не лише у біологічних змінах, а й у розвитку ідей та технологій. Когнітивна еволюція – це перетворення, що розширює людські можливості у більш широкому інтелектуальному контексті.

Проте когнітивна еволюція супроводжується кількома проблемами:

**Інформаційне перевантаження:** Людина щодня отримує величезні обсяги інформації, що веде до перевантаження мозку, зниження уваги та продуктивності.

**Когнітивне старіння:** З віком розумові здібності знижуються, навіть без наявності нейродегенеративних захворювань.

**Розлади уваги та когнітивної саморегуляції:** Люди часто мають труднощі з плануванням дій, контролем емоцій та прийняттям рішень.

Когнітивна еволюція [1] включає еволюцію ідей, що відбувається набагато швидше, ніж біологічна еволюція, і завдяки цьому людство постійно адаптується до нових умов. Наприклад, винахід колеса, писемності чи інтернету значно розширили можливості людства. Як біологічні мутації, так і нові ідеї можуть бути успішними чи невдалими. Яскравим прикладом випадкової, але успішної ідеї є відкриття пеніциліну, що призвело до глобальних змін у медицині.

Ідеї можна розглядати як такі, що мають свої "гени" – концепти, які передаються і змінюються в суспільстві. Це схоже на теорію мемів Річарда

Докінза, де ідеї проходять процеси селекції, адаптації та поширення. Щоб розширювати горизонти пошуку нових ідей, важливо залучати *трансдисциплінарні дослідження*, які поєднують знання з різних галузей і створюють нові можливості для інновацій. Трансдисциплінарний підхід, запропонований академіком В. М. Глушковим, дозволяє науковцям виходити за межі традиційних дисциплін, створюючи нові концепції, що поєднують знання з кількох сфер, таких як медицина, інженерія та соціологія.

Когнітивна еволюція зосереджується на розумових процесах, які залучені до навчання – увазі, сприйнятті, пам'яті, вирішенні проблем [2]. Важливим поняттям тут є *віртуалізація*, яка означає створення в мозку внутрішніх моделей реальності для кращого розуміння навколишнього світу. Це дозволяє людині адаптуватися до змін і розв'язувати складні проблеми шляхом створення ментальної моделі, що допомагає знайти ефективні рішення.

Процес віртуалізації включає також перетворення ідей на реальні об'єкти та їх впровадження в життя, що дозволяє створювати віртуальні моделі світу, які можна адаптувати залежно від зміни умов. Це зміна парадигми вирішення задач: від пошуку готових алгоритмів до заміни його на створення нових стратегій вирішення проблем на основі ментальних моделей.

Як вже зазначалось, на шляху когнітивної еволюції людство стикається з численними когнітивними бар'єрами, які обмежують здатність до ефективного навчання та адаптації. Однак існує підхід, що дозволяє покращити когнітивні здібності – *біологічний зворотній зв'язок* (біофідбек) [3]. Це технологія, яка дозволяє людині отримувати інформацію про фізіологічні процеси в реальному часі та використовувати її для регулювання свого стану. У контексті мозкової активності, біофідбек може покращувати ефективність кожного етапу когнітивного циклу.

Розглянемо, як біофідбек може оптимізувати основні етапи когнітивного циклу: сприйняття, інтерпретація, інтеграція знань, прийняття рішення та виконання дії:

**Сприйняття:** Біофідбек допомагає покращити сенсорну чутливість і фокус

уваги, знижуючи фоновий шум і стрес. Наприклад, серцево-судинний біофідбек може стабілізувати серцебиття, що підвищує гостроту сприйняття інформації [4].

**Інтерпретація:** Регулювання мозкових хвиль (наприклад, альфа- та бета-хвиль) дозволяє знижувати рівень стресу, що сприяє об'єктивнішій інтерпретації інформації [5].

**Інтеграція знань:** Регуляція мозкових хвиль сприяє покращенню зберігання інформації та її інтеграції, що веде до глибшого розуміння і більш стійкого зберігання знань у довготривалій пам'яті [6].

**Прийняття рішень:** Під час прийняття рішень, особливо у стресових ситуаціях, біофідбек допомагає зберегти ясність мислення, підтримуючи когнітивну рівновагу.

**Виконання дій:** Біофідбек допомагає підтримувати фізіологічний стан для забезпечення зосередженості та координації, що є важливим під час виконання складних дій.

Завдяки поєднанню різних галузей знань та технологій, ми можемо краще вирішувати складні проблеми та створювати нові підходи. Інтеграція комп'ютерних наук, психології та медицини дозволяє створювати нові системи підтримки здоров'я, які враховують фізичні, психосоціальні та когнітивні аспекти. Наприклад, поєднання біофідбеку з методами реабілітації допомагає людям з обмеженими можливостями покращити якість життя.

Ще один важливий елемент у розвитку знань – *онтологічний інжиніринг* [7]. Це підхід, який дозволяє структурувати різні концепти та категорії в єдину систему знань. Онтологічні моделі допомагають об'єднувати знання з різних сфер, що створює можливість для формування нових зв'язків і глибшого розуміння. Колайдинг онтологій (інтеграція концептів з різних онтологій) дозволяє створювати нові зв'язки між концептами, які можуть призводити до створення нових підходів і концепцій.

Когнітивна еволюція – це процес, що потребує як нових технологій, так і нових підходів до структурування знань. Біофідбек і онтологічний інжиніринг дозволяють значно підвищити ефективність навчання, інновацій та розвитку



нових ідей. Інтеграція технологій з людським потенціалом відкриває нові горизонти для людства та сприяє формуванню когнітивної ери, де здатність до синтезу знань і швидке адаптування стають ключовими факторами розвитку.

#### Список використаних джерел

1. Палагин А.В. Информационно-технологические средства управляемой эволюции. *Проблемы управления и информатики*. 2021. №. 5. С. 104-123.
2. Cognitive Science. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive\\_science](https://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_science)
3. Biofeedback. URL: <https://www.physio-pedia.com/Biofeedback>
4. Integrated use of biofeedback and neurofeedback techniques in treating pathological conditions and improving performance: a narrative review. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10985214/>
5. Neurofeedback: A Comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4892319/>
6. Effect of biofeedback training on operator's cognitive performance. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/300447076.pdf>
7. Онтологічна інженерія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Онтологічна\\_інженерія](https://uk.wikipedia.org/wiki/Онтологічна_інженерія)

# INTEGRATED MODELING FOR FEWE NEXUS SECURITY MANAGEMENT: ROBUST DOWNSCALING AND MODELS' LINKAGE PROCEDURES

**Zagorodny A. G.**<sup>1</sup> [Zagorodny@nas.gov.ua](mailto:Zagorodny@nas.gov.ua), **Bogdanov V. L.**<sup>1</sup>  
[Bogdanov@nas.gov.ua](mailto:Bogdanov@nas.gov.ua), **Ermolieva T.**<sup>2</sup> [ermol@iiasa.ac.at](mailto:ermol@iiasa.ac.at), **Komendantova N.**<sup>2</sup>  
[komendan@iiasa.ac.at](mailto:komendan@iiasa.ac.at), **Havlik P.**<sup>2</sup> [havlik.petr@gmail.com](mailto:havlik.petr@gmail.com)

<sup>1</sup>*National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria*

Uncertainty and variability are key challenges for climate change adaptation planning in land use and agricultural systems. Climate change uncertainty and impacts in the systems can be roughly divided into two main groups: biophysical and socio-economic impacts. Among the biophysical impacts are the physiological effects on crops, pastures, forests and livestock (quantity, quality); shifts in spatial and temporal patterns of impacts; changes in land, soil and water resources (quantity, quality), increased pest and diseases, etc. Socio-economic impacts include possible decline in yields, production and GDP; volatility of market prices; changing spatial and temporal patterns of trade policies, food insecurity, migration. The analysis of biophysical impacts of climate can be investigated by dynamic bio-physical crop growth models, whereas the social and economic impacts can be analyzed with land use and agricultural models. As biophysical crop growth models are large-dimensional, memory and time consuming, the effective linkage of the two types of models can be achieved by integrating reduced forms biophysical models (meta-models) into land use planning models. This paper presents such an approach, i.e., we introduce meta-models based on biophysical EPIC model for simulating crop yields and soil nutrients balances in the presence of climate change and weather variability; and we describe how the meta-models can be explicitly integrated into the multiregional multisectoral land use model GLOBIOM. The quantile-based meta-models are capable of investigating crops yields and soil nutrient stocks probability distributions, which are important inputs into the stochastic two-stage GLOBIOM. Land use and agricultural systems can build-up

resilience and adapt to climate changes by adopting two types of coherent decisions: the ex-ante forward-looking and the ex-post operational [1–6].

This decision-making approach corresponds to the two-stage stochastic optimization (STO) incorporating both anticipative ex-ante and adaptive ex-post decisions within a single model. The paper discusses that the optimal and robust combination of the decisions depends on the shape of exogenous uncertainties (crop yields) simulated by meta-models, and the ratio between the ex-ante and ex-post costs, i.e., systems's adaptive capacity can be increased by ex-ante preventive actions. Selected numerical results illustrate that the alteration of the ex-ante costs (production costs, investments, subsidies) can affect crop production, management technologies, and natural resource utilization thereby affecting food, land, environmental security [7–12].

The development of the methodologies and models is supported by EU PARATUS (CL3-2021-DRS-01-03, SEP-210784020) project on “Promoting disaster preparedness and resilience by co-developing stakeholder support tools for managing systemic risk of compounding disasters”, by a joint project between the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU) on “Integrated robust modeling and management of food-energy-water-land use nexus for sustainable development”. The work has received support from the National Research Foundation of Ukraine, grant No. 2020.02/0121. This research has been funded by the European Union's H2020 Projects ENGAGE (Grant Agreement No. 821471) and COACCH (Proposal ID 776479), European Union's Horizon Europe research and innovation action under grant agreement No. 101086179 (AI4SoilHealth). The results of the research have been used in project CPEALA-2012/10052 “Study program in optimal decisions under risk and uncertainty applied to information economics and response to terrorist threats” [13–19].

## References

1. Ermoliev Y., von Winterfeldt D. Systemic risks and security management. In: *Managing Safety of Heterogeneous Systems: Decisions under Uncertainty and Risks. Lecture Notes in Econom. Math. Systems*; Ermoliev Y., Makowski M., Marti K., Eds.; Springer Verlag, New York, USA. 2012. 658. P. 19-49.
2. Kaufman G.G., Scott K.E. What is Systemic Risk, and do Bank Regulators Retard or Contribute to it? *Independent Review* 2003. 7(3). P. 371–391.
3. Cummins J. D., Weiss M. Systemic risk and regulation of the U.S. Insurance Industry. In: *Modernizing Insurance Regulation*; J. Biggs, M. Richardson, I. Walter, Eds.; John Wiley & Sons, NJ, Hoboken. 2014. P. 85–136.
4. Hellström T. New Vistas for Technology and Risk Assessment? The OECD Programme on Emerging Systemic Risks and beyond. *Technology in Society*. 2009. 31(3). P. 325-331.
5. OECD. Emerging Systemic Risks in the 21st Century. An agenda for action. OECD, Paris, France, 2003. URL: <https://www.oecd.org/futures/globalprospects/37944611.pdf>
6. Ermolieva T., Biewald A., Boere E., Havlik P., Hunt A., Ierland van E. Overview report on major uncertainties related to climate impacts and socio-economic costs, and policy recommendations related to the effectiveness of adaptation options. The Economics of Climate Change Adaptation (ECONADAPT, 603906, EU FP7) Deliverable 7.3. 2016b. URL: <http://econadapt.eu/resources>
7. Zagorodny A.G., Ermoliev Yu.M., Bogdanov V.L., Ermolieva T. (eds.). *Integrated modeling and management of Food-Energy-Water NEXUS for sustainable development*. Kiev, Ukraine: Committee for Systems Analysis at Presidium of NASU - NMO of Ukraine at IIASA. 2020. ISBN 978-966-02-9344-1
8. Zagorodny A., Bogdanov V., Zaporozhets A. (eds.) *Nexus of Sustainability. Studies in Systems, Decision and Control*. Springer, Cham. 2024a. 559. P. 1-32. DOI: [10.1007/978-3-031-66764-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-66764-0_1)
9. Zagorodny, A., Bogdanov, V., Ermolieva, T., Komendantova, N. (2024b). Modeling for Managing Food-Energy-Water-Social-Environmental - NEXUS Security: Novel Systems' Analysis Approaches. In: Zagorodny, A., Bogdanov, V., Zaporozhets, A. (eds.) *Nexus of Sustainability. Studies in Systems, Decision and Control*. 559. Springer, Cham. P. 1-32. DOI: [10.1007/978-3-031-66764-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-66764-0_1)
10. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2018. The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome, FAO. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
11. Balkovič J., van der Velde M., Skalský R., Xiong W., Folberth C., Khabarov N., Smirnov A., Mueller N.D., Obersteiner M. Global wheat production potentials and management flexibility under the representative concentration pathways. *Global and Planetary Change*. 2014. 122. P. 107-121. DOI: [10.1016/j.gloplacha.2014.08.010](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.08.010)
12. Balkovič J. et al. Pan-European crop modelling with EPIC: Implementation, up-scaling and regional crop yield validation. *Agricultural Systems*. 2013. 120. P. 61–75.
13. Havlik P., Schneider U. A., Schmid E., Boettcher H., Fritz S., Skalský R., Aoki K., de Cara S., Kindermann G., Kraxner F., Leduc S., McCallum I., Mosnier A., Sauer T., Obersteiner M. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energ Policy*. 2011. 39. P. 5690-5702.
14. Ermolieva T., Havlik P., Ermoliev Y., Mosnier A., Obersteiner M., Leclere D., Khabarov N., Valin H., Reuter W. Integrated management of land use systems under systemic risks and security targets: A Stochastic Global Biosphere Management Model. *Journal of Agricultural Economics*. 2016a. 67(3). P. 584-601.

15. Ermolieva T., Havlik P., Ermoliev Y., Khabarov N., Obersteiner M. Robust management of systemic risks and food-water-energy-environmental security: Two-stage strategic-adaptive GLOBIOM model. *Sustainability*. 2021. 13(2). P. 857. DOI: [10.3390/su13020857](https://doi.org/10.3390/su13020857)
16. ECONADAPT. Economics of Adaptation: Toolbox: Stochastic modelling for robust decision-making: The Common Agricultural Policy. The Economics of Climate Change Adaptation (ECONADAPT, 603906, EU FP7) Project Report 2016. URL: <http://econadapt-toolbox.eu/stochastic-modelling-robust-decision-making-common-agricultural-policy>
17. Ermolieva T., Havlik P., Derci Augustynczyk A.L., Boere E., Frank S., Kahil T., Wang G., Balkovič J. et al. A Novel Robust Meta-Model Framework for Predicting Crop Yield Probability Distributions Using Multisource Data. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2023. DOI: [10.1007/s10559-023-00620-z](https://doi.org/10.1007/s10559-023-00620-z)
18. Ermolieva T., Ermoliev Y., Havlik P., Derci Augustynczyk A.L., Komendantova N., Kahil T., Balkovič J., Skalský R., et al. Connections between robust statistical estimation, robust decision making with two-stage stochastic optimization, and robust machine learning problems. *Cybernetics and systems analysis*. 2023. 59(3). P. 33-47.
19. Ermolieva T., Havlik P., Derci Augustynczyk A.L., Frank S., Balkovič J., Skalský R., Deppermann A., Nakhavali A., et al. Tracking the Dynamics and Uncertainties of Soil Organic Carbon in Agricultural Soils Based on a Novel Robust Meta-Model Framework Using Multisource Data. *Sustainability*. 2024. 16(16). e6849. DOI: [10.3390/su16166849](https://doi.org/10.3390/su16166849)

## МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА СУЧАСНІ ЧИСЛОВІ ПІДХОДИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ, АНАЛІЗУ І РОЗПІЗНАВАННЯ ДАНИХ З ЕКГ

Крак Ю.В.<sup>1,2</sup> [Iurii.krak@knu.ua](mailto:Iurii.krak@knu.ua), Бармак О.В.<sup>3</sup>, Стеля О.Б.<sup>1,2</sup>,

Ковальчук О.В.<sup>3</sup>, Єфремов М.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка

<sup>3</sup> Хмельницький національний університет

В доповіді авторами пропонуються два різних підходи до вирішення проблем класифікації інформації, отриманої з електрокардіограм (ЕКГ): знаходження характеристичних ознак на основі спеціальних апроксимуючих поліномів та на основі методів штучного інтелекту (ШІ). Розглядається поняття інтерпретованості прийняття рішень ШІ для задачі класифікації ЕКГ-сигналу. Інтерпретованість у системі прийняття рішень визнається як розуміння користувачем (спеціалістом) системи того, за якими ознаками ЕКГ-сигналу метод ШІ дійшов до того чи іншого рішення щодо можливої наявності патологій серця [1]. Запропонований підхід полягає у поданні на вхід нейронної мережі вектора ознак, що відображає інформацію про сигнал у термінах, які використовує лікар, що відрізняється від аналогічних підходів, де вхідними даними нейронної мережі є весь сигнал кардіоциклу. Вектор ознак формалізовано так, що результати роботи методу за метриками класифікації є на рівні методів, що використовують повний ЕКГ-сигнал. Експериментальні дослідження на базі розробленої структури згорткової нейромережі, із використанням виділених характеристичних ознак з ЕКГ взятих із баз ЕКГ відкритого доступу, показали ефективність досягнення середньої точності на рівні 99,43%, що співставне з підходами на основі глибокого навчання. Отримані результати дають можливість у наступних дослідженнях розробити новий підхід до інтерпретування результатів класифікації нейромережею у ознаках зрозумілих лікарю.

У рамках реалізації другого підходу, розроблений оригінальний метод визначення R-піків у сигналі ЕКГ, який має суттєві переваги і відмінності від

відомих порогових методів, зокрема, він є нечутливим до рівня шуму, не вимагає вирівнювання сигналів, отриманих від натільних давачів, оптимізований для використання у комп'ютерних системах обробки великих обсягів даних. Так, для визначення  $R$ -піків на даних ЕКГ беруться значення, де квадрати похідних більші певного порогового значення, причому вони знаходяться тільки для точок, де похідна є спадною, тим самим значно зменшуючи необхідні обчислювальні ресурси. Розроблена інформаційна технологія пройшла апробацію за стандартною методикою на даних бази МІТ-ВІН. На реальних даних було досягнуто точності визначення  $R$ -піків, яка наближається до 100% [2]. Таким чином, розроблений підхід вирішує важливу проблему знаходження ключової характеристичної ознаки з сигналів ЕКГ, а створена, на його основі, інформаційна технологія орієнтована на використання в системах підтримки прийняття рішень для встановлення діагнозу захворювань серця, а також для оперативної оцінки роботи серця в режимі реального часу. Серед переваг запропонованого методу відзначимо: 1) орієнтованість на конкретну людину; 2) можливість використання для постійного моніторингу роботи серця пацієнтів, яким лікарі поставили відповідний діагноз; 3) точне (використовуючи кусково-поліноміальні функції) визначення  $R$ -піків. 4) Можливість створення недорогих натільних систем отримання ЕКГ.

#### Список використаних джерел

1. Radiuk P., Kovalchuk O., Slobodzian V., Manziuk E., Krak I. Human-in-the-loop approach based on MRI and ECG for healthcare diagnosis. In *Proceedings of the 5th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine*. (18-20 November, Lyon, France). 2022. 3302. P. 9–20. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3302/paper1.pdf>.
2. Крак Ю.В., Стеля О.Б., Єфремов М.С., Ляшко А.В. Інформаційна технологія обробки даних електрокардіограм для знаходження  $R$ -піків. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2024. № 5. С. 44-52. DOI: [10.15407/dopovidi2024.05.044](https://doi.org/10.15407/dopovidi2024.05.044)

# ОПТИМІЗАЦІЙНІ ЗАДАЧІ М. В. МИХАЛЕВИЧА ДЛЯ МІЖГАЛУЗЕВИХ СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗМІН

Стецюк П., [stetsyukp@gmail.com](mailto:stetsyukp@gmail.com), Хом'як О.,

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

У моделях леонтьєвського типу технологічна матриця (матриця прямих витрат) вважається відомою і розраховується на основі статистичної інформації з таблиць «витрати-випуск». М. В. Михалевич [1] поставив обернену задачу: як скоригувати технологічні коефіцієнти, щоб поліпшити ті чи інші властивості економічного процесу. Ці моделі М. В. Михалевича можна умовно назвати оберненими задачами леонтьєвського типу. Обернені моделі леонтьєвського типу визначили сімейство багатоекстремальних задач, де невідомими є коефіцієнти технологічної матриці. Цільовими функціями, які потрібно максимізувати, виступають сукупний дохід споживачів і мультиплікатор «приріст доходів – приріст споживачів». Обидві цільові функції – невіпуклі та визначені з використанням операції обернення матриці, яка залежить від невідомих коефіцієнтів прямих витрат. Обмеження моделей відображають умови неінфляційного зростання доходів та обмеженість ресурсів, що використовуються під час проведення структурно-технологічних перетворень, а також умову невід'ємності нових значень коефіцієнтів. Нижче у пунктах 1-6 розглянемо основні особливості побудованих оптимізаційних моделей.

**1. Продуктивна модель Леонтьєва.** Нехай економіка країни утворена  $n$  агрегованими галузями і  $A = \{a_{ij}\}$  – матриця коефіцієнтів прямих затрат для цих галузей. Через  $y_i$  і  $x_i$  позначимо кінцевий і валовий продукт  $i$ -ої галузі в фіксованій ціні.

Ці величини пов'язані співвідношенням

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + y_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$



Якщо  $x = (x_1, \dots, x_n)^T$  і  $y = (y_1, \dots, y_n)^T$ ,  $E$  – одинична матриця розміру  $n \times n$ , то невід’ємні вектори  $x$  (валовий продукт) і  $y$  (кінцевий продукт) пов’язані наступними співвідношеннями в матричній формі:

$$y = (E - A)x, \quad (2)$$

$$x = (E - A)^{-1}y. \quad (3)$$

**2. Величина  $D$  та основні припущення.** Нехай  $q = (q_1, \dots, q_n)^T$ , де  $q_i$  – частка заробітної плати та інших виплат за працю в ціні продукції  $i$ -ої галузі. Якщо припустити лінійну залежність оплати праці від об’ємів виробництва в галузях, то загальні реальні доходи споживачів  $D$  становлять

$$D = \sum_{i=1}^n q_i x_i = q^T x. \quad (4)$$

Кінцевий продукт галузей складається з двох частин, одна з яких залежить від  $D$ . Припустивши лінійну залежність першої з них від величини доходів користувачів, отримаємо:

$$y_i = D\alpha_i + h_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

де коефіцієнти  $\alpha_i$  відображають структуру індивідуального споживання та внутрішніх інвестицій, а  $h_i$  визначається експортно-імпортним сальдо галузей і потребами суспільного споживання.

**3. Величини  $D(A, q)$  і  $k(A, q)$ .** Виразимо  $D$  через  $A$  і  $q$ . Використовуючи (3) з співвідношення (4) маємо  $D = q^T x = q^T (E - A)^{-1} y$ , звідки враховуючи (5) отримаємо

$$D = Dq^T (E - A)^{-1} \alpha + q^T (E - A)^{-1} h, \quad (6)$$

де вектори  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)^T$  і  $h = (h_1, \dots, h_n)^T$  вважаються заданими.

З (6) отримаємо такий вираз для величини сукупного доходу споживачів

$$D(A, q) = \frac{q^T (E - A)^{-1} h}{1 - q^T (E - A)^{-1} \alpha} \quad (7)$$

і вираз для мультиплікатора "приріст доходів – приріст виробництва"

$$k(A, q) = q^T (E - A)^{-1} \alpha. \quad (8)$$

**4. Задача структурно-технологічних змін.** Потрібно визначити такі зміни елементів матриці  $A$  та вектора  $q = \{q_1, \dots, q_n\}$ , які б максимізували величину  $D(A, q)$  або мультиплікатор  $k(A, q)$  при різного роду умовах: уникнути додаткових інфляційних впливів; врахувати можливі границі змін коефіцієнтів прямих затрат, обумовлені особливостями існуючих технологій; не перевищити ресурси, які виділяються на зміну технологій, та ін. Такі задачі М. В. Михалевич назвав оптимізаційними задачами міжгалузевих структурно–технологічних змін і розглядав різні способи зміни елементів матриці  $A$ . Детально опис цих задач і алгоритмів їх розв’язання можна знайти в книгах [2, ст. 159–176], [3, ст. 123–147], [4, ст. 96–115], в статті [5] і в розділі книги [6, ст. 168–205].

**5. Інфляційні обмеження в задачі.** Умови, що унеможливають розвиток інфляції витрат під впливом внутрішніх факторів, отримані в [7] і мають вигляд:

$$\frac{\sum_{i=1, i \neq j}^n a_{ij}}{1 - a_{jj}} - \bar{q}_j < 1, \quad j = \overline{1, n}, \quad (9)$$

де  $\bar{q}_j$  – частка доданої вартості в ціні продукції  $j$ -ої галузі. Величина  $\bar{q}_j$  представлена як

$$\bar{q}_j = l_j q_j + d_j,$$

де  $l_j$  – мультиплікатор затрат на оплату праці в  $j$ -ої галузі, а  $d_j$  – частка інших складових доданої вартості в ціні продукції  $j$ -ої галузі.

Враховуючи неточність початкових даних і необхідність наявності резерву для безінфляційного збільшення компонент доданої вартості, що не залежать від  $q$ , замість обмежень (9) у задачах використовуються обмеження

$$\frac{\sum_{i=1, i \neq j}^n a_{ij}}{1 - a_{jj} - (l_j q_j + d_j)} \leq \beta, \quad i = \overline{1, n}, \quad (10)$$

де  $\beta < 1$  – заздалегідь задана порогова величина.

**6. Обмеження на ресурси для структурно-технологічних змін.** Ці обмеження розглядаються в такому вигляді:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n b_{kij}^- \max(0, -\Delta a_{ij}) + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n b_{kij}^+ \max(0, \Delta a_{ij}) \leq B_k, \quad k = \overline{1, K}, \quad (11)$$

де  $K$  – кількість ресурсів,  $B_k$  – обсяг  $k$ -го ресурсу, необхідного для зниження витрат виробництва,  $b_{kij}^-$ ,  $b_{kij}^+$  – витрати  $k$ -го ресурсу при реалізації заходів, що забезпечують одиничне зменшення/збільшення питомих витрат продукції  $i$ -ої галузі на виробництво одиниці продукції  $j$ -ої галузі.

#### Список використаних джерел

1. Сергиенко И.В., Михалевич М.В., Стецюк П.И., Кошлай Л.Б. Межотраслевая модель планирования структурно-технологических изменений. *Кибернетика и систем. анализ.* 1998. № 3. С. 3–17.
2. Михалевич М.В., Сергиенко И.В. Моделирование переходной экономики. Модели, методы, информационные технологии. К.: Наук. думка. 2005. 672 с.
3. Sergienko I.V., Mikhalevich M., Koshlai L. Optimization Models in a Transition Economy. *Springer Optimization and its Application.* 2014. Vol. 101. 334 p.
4. Стецюк П.И., Бортис Г., Эмменеггер Ж.-Ф. и др. Институциональные и технологические изменения в странах с рыночной и переходной экономикой. К.: Видавничий дім „Києво-Могилянська академія”. 2015. 336 с.
5. Сергиенко И.В., Михалевич М.В., Стецюк П.И., Кошлай Л.Б. Модели и информационные технологии для поддержки принятия решений при проведении структурно-технологических преобразований. *Кибернетика и систем. анализ.* 2009. № 2. С. 26–49.
6. Стецюк П.І., Березовський О.А., Лиховид О.П. Математичні моделі, методи та програмне забезпечення для планування міжгалузевих структурно-технологічних змін. В книзі Методи негладкої оптимізації в прикладних задачах. Київ: ЛАЗУРИТ ПОЛІГРАФ. 2023. С. 168-205.
7. Михалевич В.С., Михалевич М.В. Динамические макромоделли процессов ценообразования в переходной экономике. *Кибернетика и систем. анализ.* 1995. № 3. С. 28–49.

## МІЖДИСЦИПЛІНАРНІСТЬ, ПЕРЕДБАЧЕННЯ СТРУКТУР БІЛКІВ І СИНГУЛЯРНІСТЬ

Горбачук В.М., [VGorbachuk@nas.gov.ua](mailto:VGorbachuk@nas.gov.ua)

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

Нобелівська премія з хімії у 2024 р. [1, 2] присуджена за роботи, згадані у публікаціях автора у 2016 р. [3] і 2023 р. [4]. Ця премія свідчить про міждисциплінарність сучасних досліджень і розробок [5–7].

Перші 3-вимірні (3D) структури білків були визначені за допомогою рентгенівської кристалографії у 1958 р. [8, 9], дозволяючи спостерігати за згортанням поліпептидних ланцюгів у чітко визначені та складні специфічні структури (3D-шаблони), які власне забезпечують функції білків. Тому здатність передбачати 3D-структуру білка означає також здатність передбачати його функцію та біохімічні властивості.

Нобелівська премія 1972 р. з хімії була присуджена за відкриття того, що білкові 3-вимірні структури в основному кодуються послідовністю амінокислот у поліпептидному ланцюзі: виявляється, що здатний до ренатурації денатурований білок (reversibly denatured protein) завжди повторно складатиметься в ту саму 3D-конформацію [10]. Майже півстоліття тривали наукові дослідження для передбачення 3D-структур білків, виходячи з первинної послідовності амінокислот. Нобелівський лауреат 2009 р. з хімії Рамакрішнан назвав такі дослідження «50-річним великим викликом біології» [11]. Визначення структури білків експериментальним шляхом є трудомістким. Слід зазначити, що позаяк на сьогодні число послідовностей ДНК у громадських (відкритих) базах даних наближається до 3 млрд., а число білкових послідовностей, ідентифікованих в організмах, перевищує 0,2 млрд., Protein Data Bank [12] містить лише близько 0,0002 млрд. відповідних 3D-структур білків. Тому здатність передбачати структури білків безпосередньо з послідовності амінокислот була б видатним досягненням.

Проблема тут полягає у тому, що число теоретично можливих конформацій даного білка є надзвичайно великим: це число є порядку  $10^{47}$  для білка зі 100

амінокислотними залишками (парадокс Левінталя [13]). Звідси випливає висновок, що білки згортаються не шляхом випадкового пошуку всіх цих конформацій, а зміщеними шляхами згортання [13, 14].

Вивчення фактичного процесу згортання білків є самостійною дуже великою науковою предметною областю, що досягла значного прогресу протягом багатьох років завдяки експериментальним роботам і теоретичним обчисленням. Однак передбачення білкових структур на основі послідовності є іншою проблемою, де заключна стабільна структура процесу згортання є кінцевою метою.

Проблему передбачення структури білка можна також сформулювати іншим способом, коли шукають послідовності амінокислот, що дають певний шаблон згортання. Такий спосіб лежить в основі області проектування білка, де передбачається цільова структура, а відповідні послідовності амінокислот, які дають цю структуру, ідентифікуються обчислювальними засобами.

Нобелівська премія 2024 р. з хімії відзначає вирішальний прорив у розв'язанні як проблеми передбачення структури на основі послідовності (амінокислот), так і передбачення послідовності на основі структури. Взаємозв'язок між структурою і послідовностями, а також між послідовністю і структурами є багатозначним відображенням, причому одне є оберненим (в узагальненому сенсі) до іншого. Тепер більшість мономерних білкових структур можна передбачати з високою точністю, на основі чого були створені великі бази даних із сотень мільйонів структур. Ці бази даних мають великий вплив на біохімічні та біологічні дослідження. Подібним чином тепер можна створювати абсолютно нові білкові структури (яких немає в природі) за допомогою обчислювального проектування для різних біотехнологічних і біомедичних застосувань.

Дуже важливою ініціативою в області передбачення 3D-структури білка стали експерименти, які з 1994 р. називають критичною оцінкою передбачення структури білків (Critical Assessment of protein Structure Prediction, CASP; Критичний Аналіз методів для Структурних Передбачень білків) [15].

Ці експерименти кожні два роки дозволяли робити повністю непоінформовані (truly blind) передбачення та оцінювати їх шляхом порівняння з новими експериментальними структурами і даними, які визначаються за допомогою рентгенівської кристалографії та ЯМР-спектроскопії, а оприлюднюються після терміну завершення подання записів CASP. Такі порівняння уможливили неупереджене оцінювання прогресу в передбаченні структури. Найскладнішу категорію називали *ab initio*, щоб вказувати на відсутність її зв'язку з уже відомими повними структурами [16].

Спочатку прогрес CASP був повільним, але пришвидшувався з новими ідеями до вирішення проблеми передбачення структури на основі послідовності (засновані на знаннях підходи, методи пошуку, генетичні алгоритми, методи Монте-Карло тощо). Для передбачення вторинної структури застосовуються штучні нейронні мережі, починаючи з 1988 р. [17, 18].

Інший підхід, що поширювався багато років, – це моделювання (симуляція) молекулярної динаміки (molecular dynamics, MD) згортання білка в розчині методом грубої сили (brute-force), починаючи з довільного розгорнутого стану. У 1998 р. опубліковано повідомлення про симуляцію MD протягом мікросекунд міні-білка з 36 залишками і спостереження його згортання до нативно-подібного стану [19]. У 2010 р. показано, що кілька невеликих білків можна згорнути до правильної структури симуляціями MD протягом мілісекунд [20]. Оскільки обчислювальні зусилля для цих симуляцій всіх атомів були надвичайно великими, то стало ясно, що аналогічні симуляції MD буде важко масштабувати для білків більшого розміру в осяжному майбутньому. Водночас подібні симуляції продемонстрували, що у використаних емпіричних областях спостерігається згортання експериментально спостережуваних структур.

З прогресом у секвенуванні ДНК на початку 1990-х років число доступних білкових послідовностей швидко зростало. Тоді можна було вирівнювати і порівнювати більше число послідовностей для заданого сімейства білків, здійснюючи множинне вирівнювання послідовностей (multiple sequence alignment, MSA). Тому корельовані мутації у такому вирівнюванні міститимуть

інформацію про пари амінокислот, які контактують між собою в 3D-структурі [21]. Передбачення такого контакту було введено у 1996 р. в CASP2 (через 2 роки після 1994 р.). Однак надійність цього передбачення залишалася низькою до 2016 р. (24 роки після 1994 р.) та експериментів CASP12. Виявилося, що методи, використовувані для аналізу корельованих мутацій, були спрощеними настільки, що не могли розрізняти прямо й опосередковано корельовані залишки. Ці залишки не пов'язані причинно-наслідковими зв'язками (у 2003 р. за дослідження таких зв'язків Грейнджер (1934–2009) був удостоєний Нобелівської премії з економіки) через присутність прямо корельованих залишків [22, 23], а тому постало питання виокремлення прямих і непрямих статистичних залежностей. Відповіді на це питання разом із застосуванням машинного навчання та нейронних мереж в експериментах CASP12 дозволило підвищити точність передбачення контакту до 45%.

Точність передбачення 3D-структури в CASP вимірюється за допомогою оцінки (score) тесту глобальної відстані (global distance test, GDT), яка повідомляє про найбільший відсоток  $\alpha$ -вуглецю, що потрапляє до порогу (cutoff) певної відстані від експериментальної структури після ітеративного накладання двох структур [16]. Середня величина кількох таких порогів (зазвичай від 1 до 8 ангстрем ( $10^{-10}$  м)) вважається остаточною оцінкою GDT, більш робастною, ніж звичайне середньоквадратичне відхилення, яке є чутливішим до викидів (outliers). Незважаючи на більш робастну оцінку GDT, вона для найкращих передбачень *ab initio* залишалася нижче 40% до CASP12.

Наступний після CASP12 раунд експериментів у 2018 р., CASP13, дозволив покращувати точність передбачення контакту до 70% [24]. Цієї точності достатньо, щоб дозволяти трансляцію карт контактів або відстаней у 3D-структури. Успіх CASP13 оснований на методах глибокого навчання з використанням згорткових нейронних мереж (convolutional neural networks, CNNs). Одним з авторів роботи [24] є Андрій Криштафович [25], який у 1995 р. захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук в Інституті прикладних проблем механіки і математики

(ІППИМ) імені Я. С. Підстригача НАН України [26], що входить до Відділення математики НАН України. В цьому Інституті очолював відділ математичного моделювання явищ самоорганізації Василь Гафійчук [27], якого знаю як студента-відмінника факультету фізичної і квантової електроніки, навчаючись на факультеті управління і прикладної математики того ж інституту [28]. Як і Андрій Криштафович, Василь Гафійчук працює в США. Василь Гафійчук працює в Дослідницькому центрі Еймса NASA у Кремнієвій долині. Слід зазначити таких вітчизняних співавторів А. Криштафовича [29–32], як Б. Монастирський [24], П. Данилюк, З. Дмитрів [30. 32], О. Крисько [32] та інші. Ці вітчизняні автори та їх праці також свідчать про міждисциплінарність сучасних досліджень і розробок.

Стало зрозуміло, що проблема навчання мережі для передбачення 2- вимірних карт відстаней має чітку схожість із задачами розпізнавання зображень, де широко використовуються CNNs. CNNs застосовують оптимізацію фільтрів для виведення ознак (to extract features) ієрархічним способом, спрощуючи кількість необхідних підключень нейронної мережі. Для раунду експериментів CASP13 у 2018 р. компанія DeepMind, яку заснував і очолив Хассабіс, побудувала комп'ютерну програму на основі CNN, названої AlphaFold (відомої тепер як AlphaFold1 чи AF1) [33]. Цю програму було навчено на структурах Protein Data Bank [12] для вироблення карти відстаней між залишками – карти розподілу ймовірностей між залишками, оснований на MSAs. Виходячи з цієї карти, можна побудувати й оптимізувати потенціал середньої сили за допомогою алгоритму градієнтного спуску для генерування структур [33].

Із входженням глибокого навчання в область передбачення структури ефективність (performance) AlphaFold зросла до оцінки GDT близько 60% у 2018 р., в раунді CASP13, а AlphaFold2 – до близько 90% у 2020 р., в наступному раунді CASP14 (точність понад 90% вважається майже рівносильною експериментально визначеній структурі). Перед цим найкращі моделі давали оцінку 40% у 2008 р. та 2016 р. [34]. Якщо для AlphaFold2 медіана координатної



похибки становила близько 1 ангстрема з 95%-довірчим інтервалом близько 0,2 ангстрема, то для найближчих конкурентів така медіана становила близько 3 ангстремів з 95%-довірчим інтервалом близько 1 ангстрема [35]. Хассабіс та його команда з DeepMind стали відомими завдяки перемогам своєї програми AlphaZero (також основаної на глибокому навчанні) над чемпіонами світу з шахів і го [3, 36].

Тепер за точністю AlphaFold2 (AF2) можна конкурувати з експериментальними підрозділами для більшості мішеней (таргетів, targets), структури яких невідомі на час моделювання. Загальний розвиток біомедицини та біоінформатики підкреслює ефективність міждисциплінарних досліджень і розробок [37–42], які сьогодні виходять на рівень сингулярності [4–7].

#### Список використаних джерел

1. *Scientific Background to the Nobel Prize in Chemistry 2024. Computational Protein Design and Protein Structure Prediction*. The Nobel Committee for Chemistry. 2024. 15 p. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2024/advanced-information>
2. Згуровський М.З., Хіміч О.М. Штучний інтелект: зміна парадигми у фундаментальних науках: Нобелівські премії з фізики і хімії 2024 року. *Вісник НАН України*. 2024. № 12. С. 17–26.
3. Горбачук В.М. Глобальні інвестиції у майбутній людський капітал. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 13. С. 633–638.
4. Gorbachuk V., Bardadym T., Osypenko S. Current and future problems of data integrity, quality, and scarcity. *Integrity, Open Science and Artificial Intelligence in Academia and Beyond: Meeting at the Crossroads* (December 15, 2023). Riga, Latvia: European Network for Academic Integrity; Baltija Publishing, 2023. P. 32–34.
5. Горбачук В.М. На порозі Четвертої промислової революції. *Причорноморські економічні студії*. 2016. Вип. 8. С. 216–220.
6. Горбачук В.М. Постіндустріальна організація державних замовлень у розвитку AUTODIN, ARPANET, PRNET, NSFNET та Інтернету. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. 2016. Т. 21. Вип. 8. С. 116–122.
7. Горбачук В.М. Суспільні та університетські зміни від Третьої до Четвертої промислової революції. *Classic University in the Context of Challenges of the Epoch* (September 22–23, Kyiv). Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2016. С. 215–216.
8. Kendrew J.C., Bodo G., Dintzis H.M., Parrish R.G., Wyckoff H., Phillips D.C. A three dimensional model of the myoglobin molecule obtained by X-ray analysis. *Nature*. 1958. 181. P. 662–666.
9. Perutz M.F., Rossmann M.G., Cullis A.F., Muirhead H., Will G., North A.C.T. Structure of haemoglobin. A three-dimensional Fourier synthesis at 5.5 Å resolution, obtained by X ray analysis. *Nature*. 1960. 185. P. 416–422.
10. Anfinsen C.B. Principles that govern the folding of protein chains. *Science*. 1973. 181. P. 223–230.

11. Bouatta N., Sorger P., AlQuraishi M. Protein structure prediction by AlphaFold2: are attention and symmetries all you need? *Acta Crystallographica*. 2021. D77. P. 982–991.
12. Bernstein F.C., Koetzle T.F., Williams G.J.B., Meyer Jr., E.F., Brice M.D., Rodgers J.R., Kennard O., Shimanouchi T., Tasumi M. The protein data bank: a computer-based archival file for macromolecular structures. *Journal of Molecular Biology*. 1977. 112. P. 535–542.
13. Levinthal C. How to fold graciously. *Mössbauer Spectroscopy in Biological Systems: Proceedings* (March 17–18, 1969, Monticello, IL). P. Debrunner (ed.). 1969. 67 (41). P. 22–26.
14. Zwanzig R., Szabo A., Bagchi B. Levinthal's paradox. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 1991. 89. P. 20–22.
15. Moult J., Pedersen J.T., Judson R., Fidelis K. A large-scale experiment to assess protein structure prediction methods. *Proteins: Structure, Function, and Genetics*. 1995. 23. P. ii–iv.
16. Moult J., Fidelis K., Zemla A., Hubbard T. Critical assessment of methods of protein structure prediction (CASP): round IV. *Proteins: Structure, Function, and Genetics*. 2002. 5 (S). P. 2–7.
17. Qian N., Sejnowski T.J. Predicting the secondary structure of globular proteins using neural network models. *Journal of Molecular Biology*. 1988. 202. P. 865–884.
18. Bohr H., Bohr J., Brunak S., Cotterill R.M.J., Lautrup B., Nørskov L., Olsen O.H., Petersen S.B. Protein secondary structure and homology by neural networks. The  $\alpha$ -helices in rhodopsin. *FEBS (Federation of European Biochemical Societies) Letters*. 1988. 241. P. 223–228.
19. Duan Y., Kollman P.A. Pathways to a protein folding intermediate observed in a 1 microsecond simulation in aqueous solution. *Science*. 1998. 282. P. 740–744.
20. Shaw D.E., Maragakis P., Lindorff-Larsen K., Piana S., Dror R.O., Eastwood M.P., Bank J.A., Jumper J.M., Salmon J.K., Shan Y., Wriggers W. Atomic-level characterization of the structural dynamics of proteins. *Science*. 2010. 330. P. 341–346.
21. Göbel U., Sander C., Schneide R., Valencia A. Correlated mutations and residue contacts in proteins. *Proteins: Structure, Function, and Genetics*. 1994. 18. P. 209–317.
22. Giraud B.G., Heumann J.M., Lapede, A.S. Superadditive correlation. *Physical Review E*. 1999. 59. P. 4983–4991.
23. Weigt M., White R.A., Szurmant H., Hoch J.A., Hava T. Identification of direct residue contacts in protein-protein interaction by message passing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2009. 106. P. 67–72.
24. Shrestha R., Fajardo E., Gill N., Fidelis K., Kryshchak A., Monastyrskyy B., Fiser A. Assessing the accuracy of contact predictions in CASP13. *Proteins*. 2019. 87 (12). P. 1058–1068.
25. Фея О. Андрій Криштафович: «Успішне моделювання структури білків – найбільше досягнення науки в цьому столітті загалом». *Український тиждень*. 2021. № 1 (685)
26. Криштафович А.А. *Двовимірні задачі про взаємодію анізотропних тіл при недосконалому тепловому і механічному контакті*. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук. Львів: Інститут прикладних проблем механіки і математики імені Я.С. Підстригача НАН України, 1995. 165 с.
27. Гафійчук Василь Васильович / В. О. Міщенко // *Енциклопедія Сучасної України* [Електронний ресурс] / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2006. URL: <https://esu.com.ua/article-28863>
28. Горбачук Василь Михайлович / П. С. Кнопов // *Енциклопедія Сучасної України* [Електронний ресурс] / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. URL: <https://esu.com.ua/article-878025>

29. Kryshtafovych A., Venclovas Č., Fidelis K., Moult J. Progress over the first decade of CASP experiments. *Proteins: Structure, Function, Bioinformatics*. 2005. 61 (S7). P. 225–236.
30. Kryshtafovych A., Prlic A., Dmytriv Z., Daniluk P., Milostan M., Eyrich V., Hubbard T., Fidelis K. New tools and expanded data analysis capabilities at the protein structure prediction center. *Proteins: Structure, Function, Bioinformatics*. 2007. 69 (S8). P. 19–26.
31. Kryshtafovych A., Fidelis K., Moult J. CASP8 results in context of previous experiments. *Proteins: Structure, Function, Bioinformatics*. 2009. 77 (S9). P. 217 – 228.
32. Kryshtafovych A., Krysko O., Daniluk P., Dmytriv Z., Fidelis K. Protein structure prediction center in CASP8. *Proteins: Structure, Function, Bioinformatics*. 2009. 77 (S9). P. 5–9.
33. Senior A.W., Evan R., Jumper J., Kirkpatrick J., Sifre L., Green T., Qin C., Zidek A., Nelson A.W.R., Bridgland A., Penedones H., Pedersen S., Simonyan K., Crossan S., Kohli P., Jones D.T., Solver D., Kavukcuoglu K., Hassabis D. Improved protein structure prediction using potential from deep learning. *Nature*. 2020. 577. P. 706–710.
34. Callaway E. ‘It will change everything’: AI makes gigantic leap in solving protein structures. *Nature*. 2020. 588. P. 203–204.
35. Jumper J., Evans R., Pritzel A., Green T., Figurnov M., Ronneberger O., Tunyasuvunakool K., Bates R., Zidek A., Potapenko A., Bridgland A., Meyer C., Kohl S.A.A., Ballard A.J., Cowie A., Romera-Paredes B., Nikolov S., Jain R., Adler J., Back T., Petersen S, Reiman D., Clancy E., Zielinski M., Steinegger M., Pacholska M., Berghammer T., Bodenstein S., Silver D., Vinyals O., Senior A.W., Kavukcuoglu K., Kohli P., Hassabis D. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*. 2021. 596. P. 583–589.
36. Silver S., Hubert T., Schrittwiese, J., Antonoglou I., Lai M., Guez A., Lanctot M., Sifre L., Kumaran D., Graepel T., Lillicrap T., Simonyan K., Hassabis D. A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi and Go through self-play. *Science*. 2018. 262. P. 1140–1144.
37. Bardadym T., Gorbachuk V., Novoselova N., Osypenko S., Skobtsov V., Tom I. On biomedical computations in cluster and cloud environment. *International Conference High Performance Computing HPC-UA 2020* (November 6–7, 2020, Kyiv, Ukraine). Kyiv, Ukraine: NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 2020. 5 p.
38. Bardadym T.O., Gorbachuk V.M., Novoselova N.A., Osypenko S.P., Skobtsov V.Yu. Intelligent analytical system as a tool to ensure the reproducibility of biomedical calculations. *Штучний інтелект*. 2020. № 3. С. 67–81.
39. Новоселова Н.А., Скобцов В.Ю., Том І.Е., Бардадим Т.А., Горбачук В.М., Осипенко С.П. Сучасні можливості розробки та організації інтелектуальних аналітичних систем. *Глушковські читання*. Київ: КНУ імені Т.Шевченка, 2020. С. 113–116.
40. Bardadym T., Gorbachuk V., Novoselova N., Osypenko S., Skobtsov V., Tom I. On biomedical computations in cluster and cloud environment. *Cybernetics and computer technologies*. 2021. № 2. P. 76–84.
41. Горбачук В., Скобцов Ю., Том І. Економічні аспекти забезпечення здоров'я в інформаційну еру. *National health as determinant of sustainable development of society*. N. Dubrovina, S. Filip (eds.) Bratislava, Slovakia: School of Economics and Management in Public Administration, 2021. P. 697–720.
42. Bardadym T., Gorbachuk V., Lefterov O., Osypenko S. Modern ways to organize computations in cloud environment. *5-th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI 2023)* (August 28–30, 2023, Baku, Azerbaijan). Vol. 2. Baku, Azerbaijan: ADA University, 2023. Paper 4. 3 p.

## СУЧАСНИЙ МІЖГАЛУЗЕВИЙ БАЛАНС – ДЛЯ ІННОВАЦІЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Рябошлик В.В., [ryaboshlyk@ukr.net](mailto:ryaboshlyk@ukr.net),

*Український союз промисловців і підприємців*

Віктор Глушков особливо підкреслював важливість комплексного збалансованого керування економікою і сприяв створенню в Інституті кібернетики наукової школи з розвитку методу міжгалузевого балансу для задач модернізації економіки [1].

Сьогодні необхідність втілення таких розробок у практику прийняття стратегічних рішень стала як ніколи актуальною. На жаль, зараз склалася суперечлива невідповідність між детальним обліком пошкоджень заподіяних повномасштабною агресією РФ, і приблизним плануванням процесу відновлення і модернізації, яке базується на агрегованій моделі Солоу. Очевидно, що ці перші наближення потребують подальшої деталізації.

Так, у проєкті Світового банку «Швидка оцінка завданої шкоди та потреб на відновлення» по галузях і по регіонах, RDNA, підкреслено, що відновлення повинно відбуватися «краще ніж було», і що при подальшому плануванні сценаріїв відновлення необхідно враховувати технологічні ланцюги і взаємозв'язки між галузями та регіонами, разом з загальними обмеженнями по ресурсах.

Адекватним методом вирішення цих поставлених задач є «витрати-випуск» адаптований до надзвичайної ситуації України, і для цього в Інституті кібернетики запропоновано дві модифікації моделі міжгалузевого балансу: для перспективного і поточного планування і прогнозування. І також представлення цих моделей як на загальнодержавному, так і на регіональному і міжрегіональному рівнях.

«Перспективна» модель [2] і [3] побудована на так званій «оберненій задачі» визначення оптимальних параметрів тих нових технологій, яких *потребує* економіка, і задачі забезпечення розробок цих технологій необхідними

ресурсами. У цьому відмінність від задач з попередньо заданими новими технологіями.

«Поточна» модель [4] і [5] є модифікацією традиційної динамічної моделі міжгалузевого балансу, де відновлення і розвиток відбуваються у вигляді *технологічного стрибка* відображеного окремими технологічними матрицями старих і нових технологій; при тому, що параметри нової матриці є *відомими* (з результатів досліджень і розробок, пропозицій галузевих бізнес-асоціацій, міністерств тощо).

При цьому особлива увага приділяється:

- перехідним процесам *заміни старих технологій новими* до повного переходу;
- моніторингу наявних виробничих потужностей *внаслідок руйнувань* заподіяних агресією РФ;
- *робочий силі* і варіантам створення робочих місць для її відновлення;
- *допомогам* та іншим зовнішнім надходженням і ефективності їх використання;
- максимальному використанню *внутрішніх ресурсів*.

На даний момент вже *виконано попереднє комп'ютерне моделювання* динаміки ВВП та інших показників, де у якості початкового приблизного орієнтиру щодо характеристик нових технологій взято фактичні характеристики європейських *розвинених країн*. У світі вже є досвід використання подібних зразків, для нас це також важливо і з точки зору європейської інтеграції економіки.

У доповіді будуть представлені результати розрахунків збалансованих сценаріїв подвоєння ВВП, наближення до рівня розвинених країн та інших амбітних цілей задекларованих, але ще не «оцифрованих» урядом. При цьому вирішувалися задачі мінімізації потреби у допомогах за різних темпів відновлення (наприклад, за середніх темпів розвитку Китаю, який складав 15% тощо); і задачі прискореного руху економіки до самодостатності з досягненням тієї стадії, коли потреба у допомогах почне скорочуватися.

На наступних етапах параметри нових технологій підлягатимуть ітеративному уточненню і буде запущено режим діалогу із створенням платформи для виведення і корегування результатів у кабінетах керівництва.

Крім того, слід підкреслити, що в світі вже накопичено багатий досвід практичного застосування моделей міжгалузевого балансу для відновлення після катастроф і війн.

Зокрема, це особливо стосується використання регіональних і міжрегіональних таблиць витрат-випуску, і також міжнаціональних таблиць спільного розвитку з економіками партнерів. Світовий банк вже розрізняє особливості прифронтових і тилових регіонів, і це теж підлягає адекватному «оцифруванню». На жаль регіональний розріз у нас повністю відсутній і поки що таблиці витрат-випуску областей України нам розробили бразильці [6].

Можливо варто звернутися до української влади і міжнародних партнерів з закликом нарешті включити загальновідомий міжгалузевий баланс до офіційних методів безпосереднього планування і прогнозування ринкової економіки, і подолати інерцію упередженого відношення до цього підходу, як до своєрідного пережитку часів директивного планування. Окрім усього іншого, це сприятиме підвищенню взаємної довіри з міжнародними партнерами, оскільки результати будуть отримані за міжнародно-визнаною методологією.

#### Список використаних джерел

1. Глушкова В. В., Карпец Э.П., О возможности применения системы ДИСПЛАН для сбалансированного управления экономикой. *Центр соціальних і трудових досліджень*. 2016.
2. Стецюк П.І., Григорак М.Ю., Березовський О.А., Лиховид О.П. Математичні моделі М.В. Михалеви́ча для прогнозування структурно-технологічних змін. *Cybernetics and Computer Technologies*. 2022. 3. С. 56–66.
3. Sergienko I.V., Mikhalevich M.V., Koshlai L.B. Optimization Models in a Transitional Economy. *Springer: Optimization and its Application*. 2014. 334 p.
4. Рябошлык В.В. Моделирование технологических прыжков. *Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии*. Молдова, Кишинёв. 2016.
5. Ryaboshlyk V.V. Innovative estimation of the impacts of innovations. *Economic Systems Research*. 2025. forthcoming.
6. Haddad E. A., Araújo, I. F. et al. Input–output analysis of the Ukraine war: A tool for assessing the internal territorial impacts of the conflict. *Regional Science Policy & Practice*. 15(1). 2023.

# СИЛЬНА АНТИСИПАЦІЯ (ПЕРЕДБАЧЕННЯ) В МОДЕЛЯХ ВЕЛИКИХ СИСТЕМ

Макаренко О.С., [makalex51@gmail.com](mailto:makalex51@gmail.com)

*Інститут прикладного системного аналізу НТУУ КПІ*

**1. Сильна антиципація це властивість очікування.** Було введено термін «очікування» в активному використанні в біологію та прикладну математику Робертом Розеном, так що це ім'я добре відоме в загальні дослідників. Менш відомим є внесок Даніеля Дюбуа з сильного очікування.

З початку 90-х років у роботах D. Dubois – див [1 - 3] ідея сильної антиципації (сильного очікування) було введено: "Визначення incursive дискретної сильно атисипаційної системи ... : incursive дискретна система являє собою систему, яка обчислює свій поточний стан в момент  $t + 1$ , залежно від її станів в минулих часах  $..., t - 3, t - 2, t - 1$ , теперішнього часу  $t$  і навіть її станів на майбутні часах  $t + 1, t + 2, t + 3, ...$

$$x(t + 1) = A(..., x(t - 2), x(t - 1), x(t), x(t + 1), x(t + 2), ..., p) \quad (1)$$

де змінна  $x$  в майбутні часах  $t + 1, t + 2, t + 3, ...$  обчислюється за допомогою самого рівняння.

Визначення incursive дискретної слабкої антиципативної системи: incursive дискретна система – це система, яка обчислює її поточний стан в момент  $t$ , залежно від його станів на минулі часах  $..., t - 3, t - 2, t - 1$ , по теперішній час  $t$ , і навіть її прогнозованих станів в майбутні часах  $t + 1, t + 2, t + 3, ...$

$$x(t + 1) = A(..., x(t - 2), x(t - 1), x(t), x^*(t + 1), x^*(t + 2), ..., p) \quad (2)$$

де змінна  $x^*$  в майбутні часах  $t + 1, t + 2, t + 3, ...$  обчислюється в режимі інтелектуальної моделюючої системи " [1 - 3].

При цьому в якості додаткового завдання дослідження в галузі сертифікації слід враховувати систему з сильним очікуванням.

Рівняння (1), (2) – нові математичні об'єкти, і їх повні дослідження є завданням для подальших досліджень.

Зауважимо, що системи з очікуванням (особливо з сильним очікуванням) раніше були досліджені в багатьох областях знань: біологія, інформатика, суспільні науки, фізика, нейрофізіологія і т.д. (див. Journal of Computing Anticipatory Systems, матеріали конференцій CASYS (Liege, Belgium)). Через важливість таких систем нижче ми опишемо один з інструментів для їх досліджень - СА з сильним очікуванням.

**2. Антисипація.** Термін антисипація прийшов від латинського *antoscipatio*, що означає передбачення, здогад. Розен визначив систему з антисипацією (*anticipatory system*) як систему що розвивається, використовуючи майбутні значення свого стану та / або зовнішні параметри, які їй передбачає пов'язана модель для визначення майбутньої поведінки системи. Дюбуа у своїх статтях розширив це поняття, ввівши поняття слабкої та сильної антисипації. Система із слабкою антисипацією визнає свої майбутні значення через відповідну модель, а система із сильною антисипацією використовує себе для визначення майбутніх значень.

Система з сильною антисипацією тоді визначається так:

$$x_{t+1} = f(\dots, x_{t-1}, x_t, x_{t+1}, \dots, a),$$

де  $x_t$  — стан системи в момент  $t$ ,  $a$  — представляє інші параметри системи.

Але останнім часом було виявлено, що також дуже цікаві дослідження систем з випередженням (антисипацією). Термін «антисипація» в першу чергу асоціюються з системами з власними моделями для прогнозування еволюції систем та їх оточення та багатьох інших. Але з тих пір в роботах Даніеля М. Дюбуа (Бельгія) поняття «сильної антисипації» були введені і досліджені [1-3]. У разі сильної антисипації система не має моделі для передбачення, але вимагає обліку майбутніх станів системи. Д. Дюбуа також ввів поняття *incursive* і *hyperincursive* систем (з передбачуваною багатозначністю рішень). Також Д. Дюбуа вперше описав один елемент з *hiperincursion*. Одним з найбільш важливих прикладів моделей з очікуванням впливає з моделювання великих соціальних систем. Деякі приклади досліджень систем з очікуванням



були описані в [2-3]. Зауважимо, що однією з найновіших і цікавих властивостей в таких системах може бути багатозначність рішень (тобто існування багатьох значень рішення в кожен момент часу). Через це дуже перспективно розглянути властивості багатозначних рішень з точки зору вивчення синхронізації.

Таким чином, у пропонованому підрозділі представлені наступні питання: описи сильної антиципації за D. Dubois, загальні приклади мережі елементів з сильним очікуванням; приклади конкретних проблем синхронізації в системі з декількома елементами; приклади багатозначних рішень у різних системи з очікуванням і деякі імовірні типи поведінки рішень; приблизні можливості прояву такого роду синхронізації і подальші дослідницькі проблеми. Таким чином, це слід розглядати як початок реалізацій кроків I - IV дослідження синхронізації в новому класі систем, а саме в системах зв'язаних антисипаційних елементів.

**3. Сильна антисипація (передбачення).** З початку 90 -х років у роботах D. Dubois – див [1-3] ідея сильної антисипації була введена так: "Визначення *incursive* дискретної сильної антисипаційної системи ... : *incursive* дискретна система це система, яка обчислює свій поточний стан на час  $t$ , залежно від її станів з минулих часів  $..., t-3, t-2, t-1$ , теперішнього часу  $t$ , і навіть її станів у майбутні часи  $t+1, t+2, t+3, ...$

$$x(t+1) = A(..., x(t-2), x(t-1), x(t), x(t+1), x(t+2), ..., p) \quad (3)$$

де змінна  $x$  в майбутні часи  $t+1, t+2, t+3, ...$  обчислюється за допомогою саме рівняння.

#### **4. Приклади досліджуваних проблем з властивістю випередження.**

1. Моделі великих соціальних систем
2. Прогнозування геополітики
3. Архетипи та трансформація суспільства
4. Когнітивні процеси в суспільстві та безпека
5. Один підхід до моделювання свідомості

Запропоновані результати можуть бути використані для системного аналізу процесів сталого розвитку в соціальних системах, особливо з метою оптимізації їх плину.

#### **Список використаних джерел**

1. Dubois D. Incursive and hyperincursive systems, fractal machine and anticipatory logic. *Computing Anticipatory Systems: CASYS 2000 – Fourth International Conference*. Published by the American Institute of Physics, AIP Conference Proceedings. 2001. 573. P. 437–451.
2. Макаренко О.С. Антиципація. Моделі, розв’язки та перспективи застосування. Монографія. ТІМРАН\ НК ІПСА в Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Київ. 2024. 330 с. (готується до випуску)
3. Makarenko A. Sustainable development and principles of social systems modeling. Generis. 2020. 173 p. ISBN: 978-9975-153-81-9

# КОГНІТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА БАГАТОВИМІРНОГО ОЦІНЮВАННЯ, РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Стрижак О.Є., [stryzhak@man.gov.ua](mailto:stryzhak@man.gov.ua)

Яременко А.А.

*Мала академія наук України*

Генеративне інтелектуальне середовище формується на основі когнітивних сервісів ІТ ПОЛІЕДР. Це інтелектуальна платформа з компонентною архітектурою когнітивних сервісів (рис. 1), які реалізують семантико-лінгвістичний та концептографічний аналіз великих обсягів інформації, а саме: наративів, документів та табличних даних, виявлення логістичних зв'язків між ними, критеріїв оцінювання та підтримку прийняття рішень у форматі наступного технологічного ланцюга:

документи → аналіз → лінгвістичний корпус → формування нейронної мережі + генерація онтологій → виявлення критеріїв оцінювання → генерація аналітичних площадок прийняття рішень.

Функціонал платформи має гібридний формат, який складається з трьох контурів: нейромережа – онтології – багатокритеріальний аналіз.

Реалізовані сервіси надають особі, що приймає рішення (ОПР), широкий спектр можливостей для формулювання та розв'язання задач прийняття рішень. Інформаційне середовище цих задач формується на основі онтологічного опису предметної галузі. Це дозволяє ОПР автоматично отримувати за обраними задачам перелік показників, якими характеризуються задані альтернативи, та їх значення. Далі процес прийняття рішень залежить від конкретної мети ОПР і передбачає розв'язання таких типів задач:

– ранжування альтернатив: наявна початкова множина альтернатив впорядковується таким чином, щоб ОПР мала можливість оцінювати вплив кожного варіанта (альтернативи) і на цій основі приймати оптимальне рішення;

- рейтингування альтернатив: обчислення рейтингових балів на основі обраної користувачем системи переваг для множини критеріальних функцій;
- раціональний вибір: встановлення найкращої (найгіршої) альтернативи з врахуванням обраних користувачем підмножин критеріїв;
- багатокритеріальний порівняльний аналіз альтернатив: візуальне представлення розв'язків задач прийняття рішень для різних підмножин критеріїв в залежності від уподобань ОПР.

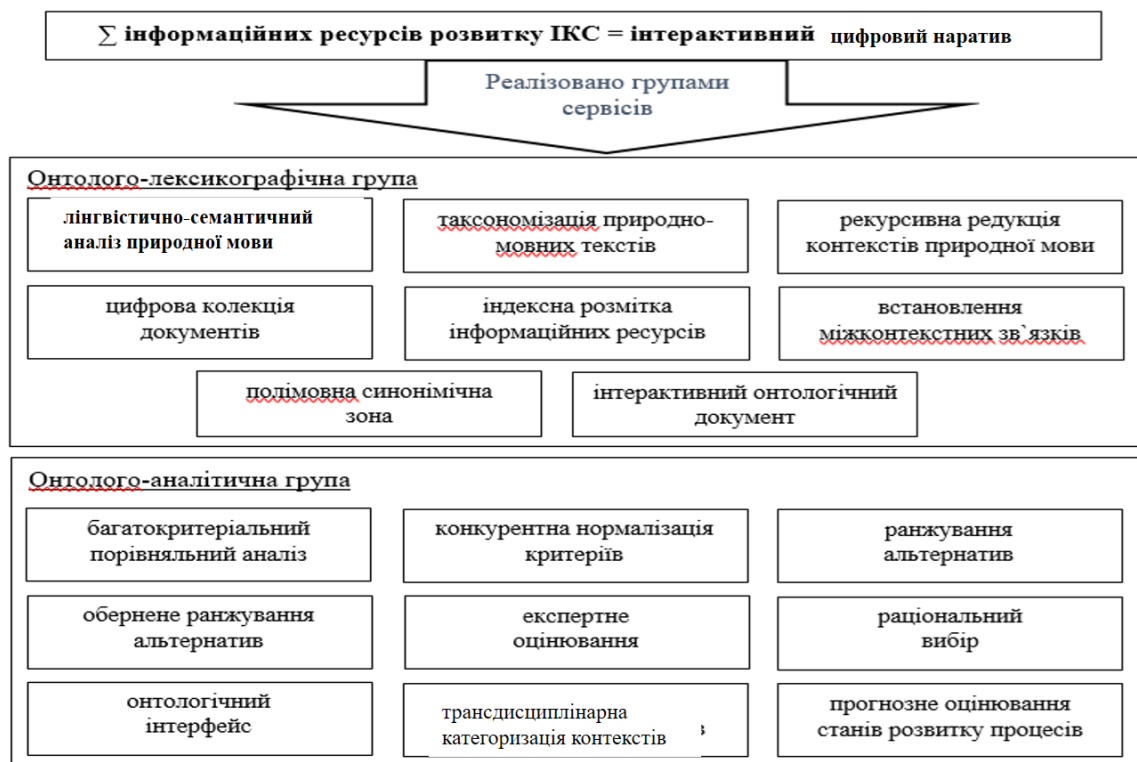


*Рис.1. Інтелектуальна платформа з компонентною архітектурою когнітивних сервісів*

В платформі ПОЛІЕДР реалізуються трансформерні генеративні мережі для автоматичного створення структури над текстом (або контекстом). Текст у цьому випадку є Субстанцією. Згенерована структура відповідає точці зору Суб'єкта, але розширює та доповнює її. Набір точок зору Суб'єкта подається у вигляді базових онтологій. Базова онтологія є лінгвістичною онтологією і створюється за допомогою лексикографічних технологій. Основні системні властивості лексикографічних систем включають наявність гіперланцюгів, гіперциклів, повноту і відсутність суперечностей.

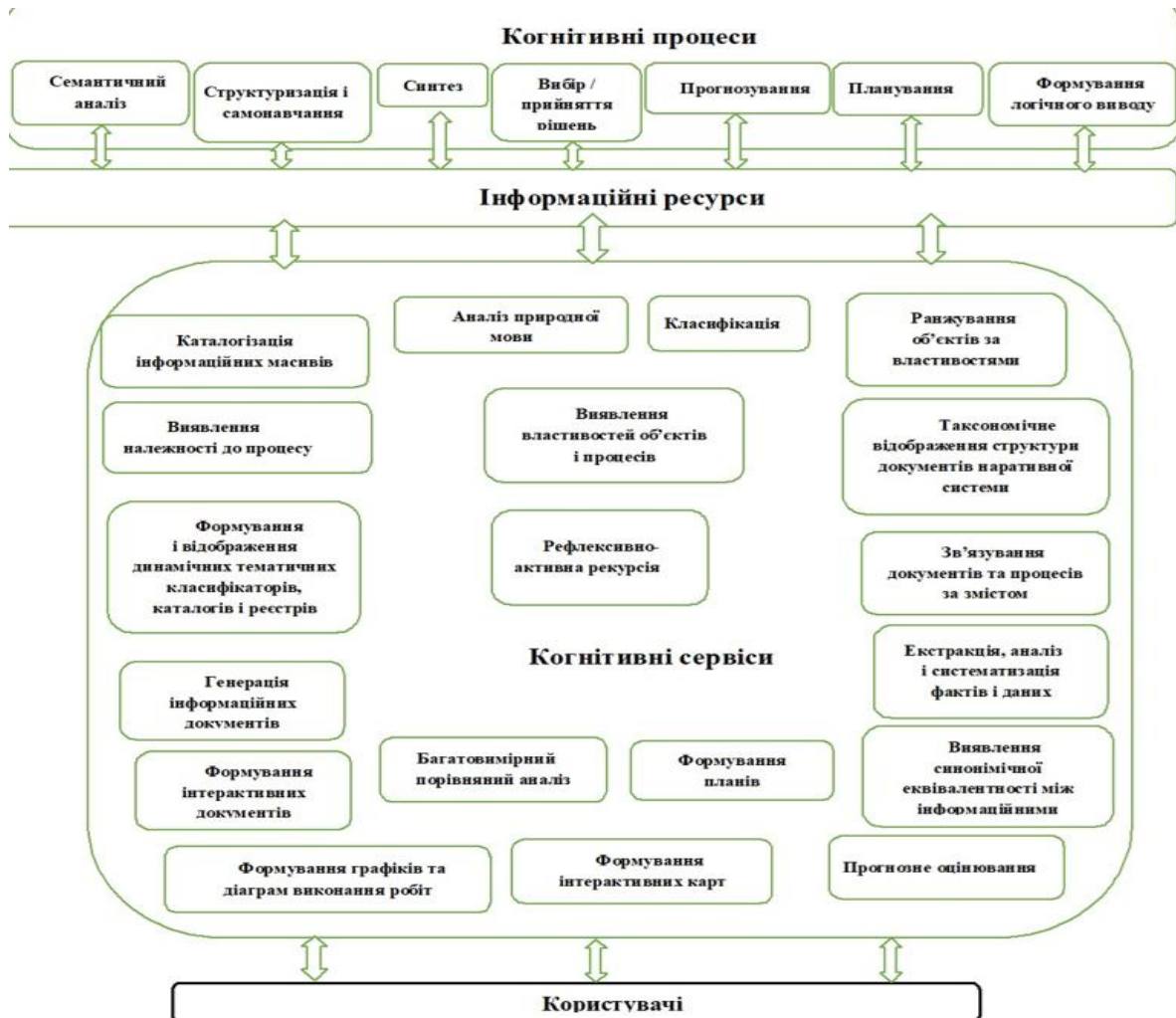


Рис.2. Когнітивні процеси, що реалізуються в генеративному середовищі

Основні джерела базових онтологій – це тлумачні словники та термінологічні словники. Тлумачні словники містять сукупність загальних знань, тоді як термінологічні словники охоплюють знання з певної предметної галузі. Використовуючи загальні закономірності побудови словників (і відповідно онтологій на їх основі) та формалізовані правила виведення словникових статей і залежностей між ними (гіперланцюги, гіперцикли тощо), можливо автоматично створювати динамічні онтології з будь-яких текстів. Таким чином, можна створити автоматичну динамічну картину предметної галузі за тематичними профілями, які важливі для прийняття рішень у сфері національної безпеки та оборони з текстів (у вигляді онтологій) за допомогою динамічного стиснення знань.

Когнітивні процеси, які реалізуються в процесі генерації інтелектуального середовища представлено на рис. 2.

## СЕКЦІЙНІ ДОПОВІДІ

**ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ КРИПТОГРАФІЧНОЇ СКЛАДНОСТІ  
СИМЕТРИЧНОГО БЛОЧНОГО АЛГОРИТМУ WBC1****Баранов І.А.,**[vlasov@ukr.net](mailto:vlasov@ukr.net)*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

**Вступ.** У сучасному світі безпека інформації стає одним із першочергових завдань. Великий внесок в сфері криптографії внесли українські науковці В. К. Задірака та А. М. Кудін в своїх наукових працях [1]-[5].

Блокові криптографічні алгоритми відіграють ключову роль захисту даних, забезпечуючи конфіденційність і цілісність інформації. Аналіз криптографічної складності цих алгоритмів необхідний розуміння їх ефективності та стійкості до атак. Найбільш поширеними прикладами є AES (Advanced Encryption Standard) та DES (Data Encryption Standard).

У роботі розглядаються деякі підходи до аналізу складності блочних шифрів, включаючи атаку повного перебору, диференціальний та лінійний криптоаналіз та атаки на основі сайд-каналів.

**1. Алгоритм WBC1.** В основі алгоритму лежить відомий принцип кубика Рубіка. WBC1 (у загальному вигляді цикл перетворень представлений на рис. 1) – це симетричний блочний алгоритм, який шифрує дані в 32, 64, 216 і 512-бітних блоках: для шифрування та розшифрування використовуються одні й ті самі алгоритм та ключ. Ключ повинен мати довжину не менше 64 біт. Процес шифрування полягає в тому, що зашифровані дані розбиваються на блоки і записуються в тривимірний масив (куб). Подібно до алгоритму AES, створюється таблиця перестановок, в якій записано 127 можливих все можливих операцій над кубом (тобто обертів його площин і комбінацій).

Після попередніх установок етапи шифрування виконуються в чіткій послідовності: послідовне сканування елементів ключа, і в залежності від значення елемента ключа застосовується те чи інше обертання площин куба з

можливих 127 комбінацій; після кожного проходу окремого символу ключа реалізується циклічний побітовий зсув (тип циклічного зсуву залежить від реалізації алгоритму, тобто від потужності); після того, як всі операції будуть застосовані, дані з куба розформовуються в ланцюжок символів.

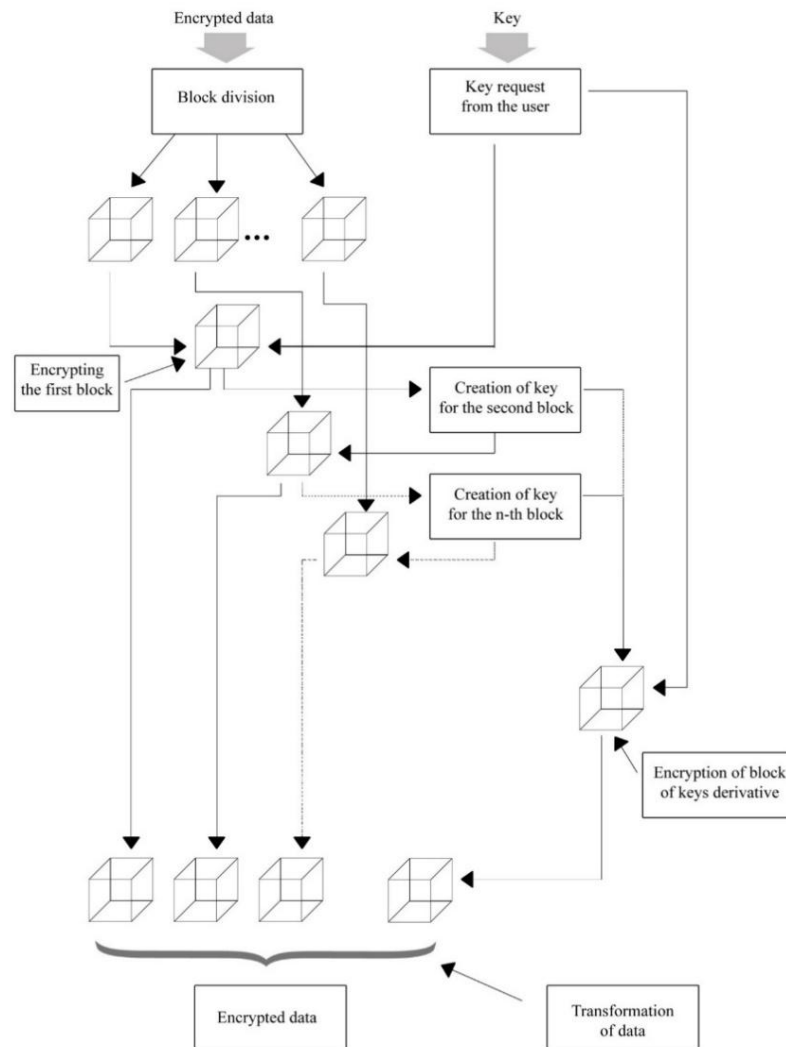


Рис.1. Схема виконання алгоритму WBC1

Процес розшифрування полягає в оберненому проходженні всіх операцій шифрування.

**2. Стійкість до методів криптоаналітичних атак.** Розглянемо основні методи стійкості:

- *Стійкість до перебору (Brute Force)*, один з базових і найбільш відомих методів криптоаналізу, при якому криптоаналітик послідовно перевіряє всі

можливі ключі, поки не знайде правильний. Цей метод особливо ефективний проти алгоритмів з короткими ключами, оскільки збільшення довжини ключа експонентно збільшує кількість можливих комбінацій. Алгоритм WBC1 використовує великий простір ключів (наприклад, 64-бітний ключ або більший), а кількість можливих перестановок елементів куба дорівнює  $(d^3)!$ , що робить спроби перебору всіх можливих ключів практично неможливими через експоненційне зростання кількості перестановок при збільшенні розміру куба. Це забезпечує високу стійкість до атак повного перебору.

- *Диференціальний криптоаналіз.* Диференціальний криптоаналіз був розроблений Елі Біхамом і Аді Шаміром [6] і є одним із найвідоміших методів криптоаналізу, особливо для блочних шифрів. Цей метод дозволяє знаходити залежності між різницями вхідних та вихідних даних, що дає змогу розкрити структуру шифру і в деяких випадках підібрати ключ. Для алгоритму WBC1 диференціальний криптоаналіз є складним завданням через використання тривимірних перестановок і побітових циклічних зсувів, оскільки кожен раунд шифрування залучає великі зміни у вихідних даних у тривимірному просторі. Ці операції сприяють створенню високої ентропії і значного рівня нелінійності, що ускладнює пошук необхідних залежностей між різницями відкритого тексту і шифротексту.

- *Лінійний криптоаналіз* – метод криптоаналізу, запропонований Міцуру Мацуї [7] у 1993 році, призначений для атаки на блокові шифри. Основна ідея лінійного криптоаналізу полягає у пошуку лінійних апроксимацій між відкритим текстом, шифротекстом та ключем, що дозволяє криптоаналітику визначити ключ на основі цих ймовірнісних залежностей. Завдяки використанню складних перестановок і циклічних зсувів, алгоритм WBC1 також добре захищений від лінійного криптоаналізу, оскільки такі операції створюють високий рівень випадковості та нелінійності в процесі шифрування. Це значно ускладнює пошук лінійних залежностей між відкритим текстом, шифротекстом та ключем.

- *Атаки на базі сайд-каналів* є методом криптоаналізу, при якому зломисник використовує фізичну інформацію, одержувану під час роботи



криптографічного пристрою, для вилучення секретної інформації, такої як ключі шифрування. Ці атаки ґрунтуються не так на прямому аналізі алгоритму шифрування, як на аналізі додаткових даних, які можна одержати у його виконання. Використання тривимірного масиву в структурі алгоритму WBC1 може сприяти зниженню ризику деяких типів атак, пов'язаних з витоків інформації (наприклад, атак через аналіз енергоспоживання). Однак це вимагає додаткового тестування для повної впевненості.

**Висновки.** Алгоритм WBC1 представляє собою криптографічно стійкий метод шифрування, який забезпечує високий рівень безпеки за рахунок використання складних перестановок і циклічних зсувів. А можливість збільшення потужності алгоритму робить його гнучким для використання в різних областях та сферах діяльності, пов'язаних з обробкою інформації, що підлягає криптографічному захисту.

#### Список використаних джерел

1. Zadiraka V. Improving of performance of two-key cryptography systems. *Methods of effective protection of information flows*. Ternopil: Terno-graf, 2014. P. 67–95.
2. Zadiraka V., Kudin A., Shvidchenko I., Bredelev B. Cryptographic and steganographic protocols for cloud systems. *Computer technologies in information security*. Ternopil: Kart-blansh. 2015. P. 9–41.
3. Кудін А.М. Блокчейн та криптовалюти на основі «доведення точності». *Математичне та комп'ютерне моделювання*. Технічні науки. Збірник наукових праць. 2017. 15. С. 104–108
4. Задірака В.К., Кудін А.М. Облачні обчислення в криптографії та стеганографії. *Кибернетика та системний аналіз*. 2013. 4. С. 113–119.
5. Кудін А.М. Криптографічні перетворення нешешеннонівських джерел інформації. *Кибернетика та системний аналіз*. 2010. 5. С. 143–149.
6. Biham E., Shamir A. Differential Cryptanalysis of DES-like Cryptosystems. *Advances in Cryptology-CRYPTO' 90. CRYPTO 1990. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. 1991. 537. P. 2–11. DOI: [10.1007/3-540-38424-3\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-38424-3_1)
7. Matsui M. Linear Cryptanalysis Method for DES Cipher. In: Helleseht, T. (eds) *Advances in Cryptology — EUROCRYPT '93. EUROCRYPT 1993. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. 1994. 765. P. 386–397. DOI: [10.1007/3-540-48285-7\\_33](https://doi.org/10.1007/3-540-48285-7_33)

## ІДЕЇ, ЩО ПОКРАЩУЮТЬ НАШЕ ЖИТТЯ

Бардадим Т.О., [Tamara.Bardadym@gmail.com](mailto:Tamara.Bardadym@gmail.com)

Лефтеров О.В., [Lefterov.Aleksander@gmail.com](mailto:Lefterov.Aleksander@gmail.com)

Осипенко С.П., [baston888@gmail.com](mailto:baston888@gmail.com)

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

У працях В. М. Глушкова вражає діапазон тематики: від суто математичних алгебраїчних задач до детально розроблених думок щодо реформування економіки. Ми пропонуємо коротко розглянути питання, пов'язані із розміщенням виробничих потужностей, бо вказані задачі, як це відображено у працях [1–3], мали свою специфіку у планову радянську епоху, а у наявних нині реаліях набувають особливої актуальності з-за необхідності проводити переміщення підприємств чи інших об'єктів господарювання.

Одним з перших, хто запропонував оптимізаційні підходи в задачах розміщення, був Альфред Вебер. У його книзі [4] було описано досить прості моделі розміщення, в яких мінімізуються транспортні витрати, враховується наявність людських ресурсів, агломерація. В цих моделях завдяки геометричним побудовам вдавалося легко знайти оптимальну точку. (Детальний огляд інших підходів можна знайти, наприклад, у статті [5].)

У реальному світі приходится враховувати набагато більше найрізноманітніших обмежень і умов. Тому для декількох варіантів розміщення можна провести кількісну оцінку доцільності того чи іншого варіанту за допомогою сучасних обчислювальних засобів. Як теоретичну підтримку, що розвиває ідеї праць В.М.Глушкова [1–3], можна рекомендувати книгу [6], а для розрахунків – наявне стандартне оптимізаційне програмне забезпечення. Наприклад, для порівняно невеликих задач можна рекомендувати Python з бібліотеками для розв'язування нелінійних (SciPy) чи лінійних (PuLP) оптимізаційних задач, використання геоданих (GeoPandas) чи геоінформаційну систему QGIS, яка дозволяє використання засобів оптимізації. Для складних задач з великою кількістю обмежень можна скористатися такими програмними засобами, як MATLAB з оптимізаційним блоком Optimization Toolbox, що

містить готові функції для розв'язання задач оптимального розміщення; Gurobi Optimizer – високопродуктивний засіб, що підтримує розв'язання задач розміщення й мінімізації відстаней та має API для Python, C++, Java тощо; AnyLogic, що дозволяє інтегрувати геоінформаційні дані та враховувати різні параметри для оптимального розміщення об'єктів; AnyLogic, що дозволяє інтегрувати геоінформаційні дані та враховувати різні параметри для оптимального розміщення об'єктів; інструменти геоінформаційних систем, наприклад, ArcGIS з модулями Spatial Analyst та Network Analyst.

Теоретичні основи розв'язування задач розміщення й донині залишаються у фокусі досліджень відомих спеціалістів з оптимізації (див., наприклад, [7]).

Можуть бути корисними також платформні рішення [8]. Це стосується як віртуальних платформ – комунікаційних засобів обміну інформацією, моделювання, організації торгівельних майданчиків та відповідних бізнес-процесів, так і реальних центрів, що забезпечують виробничий простір для середніх чи дрібних підприємств, надаючи принаймні мінімальний перелік стандартних послуг як-то підключення тепла, води, електрики, засобів зв'язку тощо. Крім того, платформні рішення можуть стати дієвим елементом процесу створення нової системи виробництва і колективної безпеки. Вони дозволять органічно оцінювати ситуації користувачів та пристроїв на платформі за рахунок системи стандартизації комунікацій та переліку параметрів, контрольованих системою моніторингу на всіх управлінських рівнях та етапах життєвого циклу бізнес-процесів предметної галузі. Ці особливості платформних рішень створюють умови для того, щоб процес колективного моніторингу ризиків став безперервним, тотальним та відкритим.

Таким чином, для успішного вибору нового місця розміщення підприємства бажано спочатку вибрати можливу організаційну форму, кількісно оцінити декілька можливих варіантів, а для суспільно значущих об'єктів передбачити механізми державної підтримки.

### Список використаних джерел

1. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. М.: «Статистика», 1975. 160 с.
2. Глушков В.М. О последовательной оптимизации в линейных макроэкономических моделях. *Управляющие системы и машины*. 1973. № 4. С. 1 – 7.
3. Глушков В.М. О последовательной дезагрегации в статистической макроэкономической модели. *Управляющие системы и машины*. 1972. № 2. С. 3–4.
4. Weber A. Über der Standort der Industrien. Tübingen: Verlag Mohr, 1909. 264 p. (Eng. translation: Alfred Weber's Theory of the Location of Industries., Chicago: University of Chicago Press, 1929. 302 p.).
5. Ahn Y.-J., Juraev Z. Review on “location theory” – from classic to modern perspectives. *Sciences of Europe*. 2023. № 120. P. 11–21.
6. Михалевич В.С., Трубин В.А., Шор Н.З. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования. М.: Наука. 1986. 264 с.
7. Mordukhovich B., Nam N.M. Applications to Location Problems. In: *An Easy Path to Convex Analysis and Applications. Synthesis Lectures on Mathematics & Statistics*. Cham: Springer. 2023. P. 237–275. DOI: [10.1007/978-3-031-26458-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26458-0_8)
8. Бардадим Т., Лефтеров О., Федосеев О. Підґрунтя сталого розвитку – платформи та техногенні і антропогенні дані. *Інтелектуальне надбання академіка Володимира Вернадського і світова фізико-економічна думка*. В.В. Небрат (ред.). Київ: КНЕУ, 2023. С. 6–9.

## МЕТОДИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

**Богданова Л.М.** [libog3096@gmail.com](mailto:libog3096@gmail.com)

*Донбаська державна машинобудівна академія*

**Васильєва Л.В.** [liudmyla\\_vasylieva@kneu.edu.ua](mailto:liudmyla_vasylieva@kneu.edu.ua)

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

Задача оптимізації технологічного процесу характеризується великою розмірністю та взаємозалежністю параметрів, складною структурою множини альтернатив. В більшості робіт по оптимізації процесів механічної обробки оптимізують режими різання: подачу  $s$ , швидкість різання  $v$ , глибину різання  $t$  [1, 2]. Управління параметрами процесу різання в кожній конкретній робочій ситуації дозволяє оптимізувати одну цільову функцію або їх множину. З урахуванням системного підходу до оптимізації процесів механічної обробки розглядають три групи критеріїв оптимальності: техніко-економічні, економічні та критерії, пов'язані з людиною. Найбільш часто використовують критерії: витрати, продуктивність процесу різання, енергоспоживання, час обробки, стійкість інструменту [2 – 5].

Одним з перспективних напрямків аналізу даних, що активно розвиваються, є поєднання генетичних алгоритмів і нейронних мереж для вирішення різних завдань.

Використання гібридного алгоритму обумовлено його сильними сторонами в рамках задачі багатокритеріальної оптимізації параметрів технологічного процесу механічної обробки: пошук рішення з деякого набору значень, використання цільових функцій без похідних, застосування ймовірнісних, а не детермінованих правил вибору значень.

В даній роботі нейронні мережі застосовувалися для забезпечення генетичних алгоритмів [6, 7].

Був розроблений програмно-методичний комплекс, який використовує гібридний алгоритм як механізм оптимізації, визначає оптимальні режими

різання (глибина, подача, швидкість). Крім того, здійснюється вибір інструмента під конкретний перехід для обраної операції.

Метою роботи є дослідження ефективності застосування методів нейронних мереж та генетичних алгоритмів для багатокритеріальної оптимізації режимів різання для конкретної конструкції інструменту на основі цільової функції вартості обробки.

Для досягнення поставленої цілі було реалізовано: розробка цільової функції оптимізації на основі адитивної згортки складових; представлення складових елементів цільової функції як орієнтованого графа; вибір топології нейронної мережі на основі відсотка правильно вирішених прикладів, середньої та максимальної помилки мережі, навчальні вибірки формувалися на базі загальних машинобудівних нормативів та запропонованих рекомендацій Sandvik Coromant [8]; використання у межах генетичного алгоритму методу «еліти» для формування популяції, як генетичні оператори використовувалися мутація і схрещування.

Для нейронної мережі був обраний метод навчання з учителем, але з урахуванням особливостей розв'язуваного завдання. На вхід подався вектор параметрів режимів різання – глибина різання ( $t$ , мм), подача ( $s$ , мм/об), швидкість різання ( $v$ , м/хв). Нейронна мережа навчалась розпізнавати допустиме поєднання вхідних параметрів  $t$ ,  $s$ ,  $v$ . Фільтрування вхідного значення проводилась відповідно до інтерпретації виходу мережі, коли його значення дорівнює 0,5 поєднання вхідних параметрів  $t$ ,  $s$ ,  $v$  приймалось як допустиме. В інших випадках комбінація  $t$ ,  $s$ ,  $v$  відкидалась.

Рішення отримано у вигляді множини допустимих значень (оцінок). При розгляді результатів оптимізації можлива оцінка цільових функцій та одержаних оцінок особою, яка приймає рішення.

Використовуючи результати роботи ПМК для автоматизації процесу одержання моделей та багатокритеріальної оптимізації можна робити висновки щодо подальшої доцільності використання інструмента у завданнях механічної обробки. Також результати допомагають визначити технологічні ніші

використання інструменту та надають можливість, внести корективи параметрів у вже існуючі технологічні процеси механічної обробки.

#### Список використаних джерел

1. Krupa V., Tymoshenko N., Kobelnyk V., Petrechko I. Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2022. 114(1). P. 22–31. DOI: [10.5604/01.3001.0016.1480](https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1480)
2. Passari É., João de Souza A., Gomes H., Gracioli Aita C. A. Optimization of cutting parameters in the finish turning of aisi 420 stainless steel using an artificial neural network. *Proceedings of the 27th International Congress of Mechanical Engineering*. 2023. DOI: [10.26678/abcm.cobem2023.cob2023-2106](https://doi.org/10.26678/abcm.cobem2023.cob2023-2106)
3. Yuanzhi Z., Guozheng Z. Prediction of surface roughness and optimization of process parameters for efficient cutting of aluminum alloy. *Advances in Mechanical Engineering*, 2024. 16(1). DOI: [10.1177/16878132231197906](https://doi.org/10.1177/16878132231197906)
4. Li L., Li C., Tang Y. Li L. An integrated approach of process planning and cutting parameter optimization for energy-aware CNC machining. *Journal of Cleaner Production*. 2017. 162. P. 458–473. DOI: [10.1016/j.jclepro.2017.06.034](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.034)
5. Bohdanova L.M., Vasilyeva L.V., Guzenko D.E. et al. A Software System to Solve the Multi-Criteria Optimization Problem with Stochastic Constraints. *Cybern Syst Anal*. 2018. 54. P. 1013–1018 DOI: [10.1007/s10559-018-0104-2](https://doi.org/10.1007/s10559-018-0104-2)
6. Мінц О. Ю. Методологія моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами. 2017.
7. Гусаріна Н. В. Особливості системи підтримки прийняття рішень з управління інноваційною схемою виробництва в умовах динамічних змін зовнішнього середовища. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. (20). P. 1052–1055.
8. Sandvik Coromant. URL: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx>



# ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДТОКУ ПРАЦІВНИКІВ В ІТ КОМПАНІЇ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Бугайчук В.О., [v.o.bugaichuk.asp24@chdtu.edu.ua](mailto:v.o.bugaichuk.asp24@chdtu.edu.ua)

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

Прогнозування відтоку працівників є критично важливим завданням для сучасних компаній. Висока плинність кадрів може призвести до значних фінансових втрат та зниженню продуктивності, оскільки заміна працівника вимагає значних ресурсів для пошуку, а потім для адаптації та навчання. В умовах конкурентного ринку праці здатність прогнозування та запобігання відтоку працівників стає великою перевагою для компаній [1].

Метою роботи є розробка інформаційної системи для прогнозування відтоку працівників за допомогою використання методів машинного навчання, яка забезпечить точне і своєчасне виявлення працівників з високим ризиком відтоку.

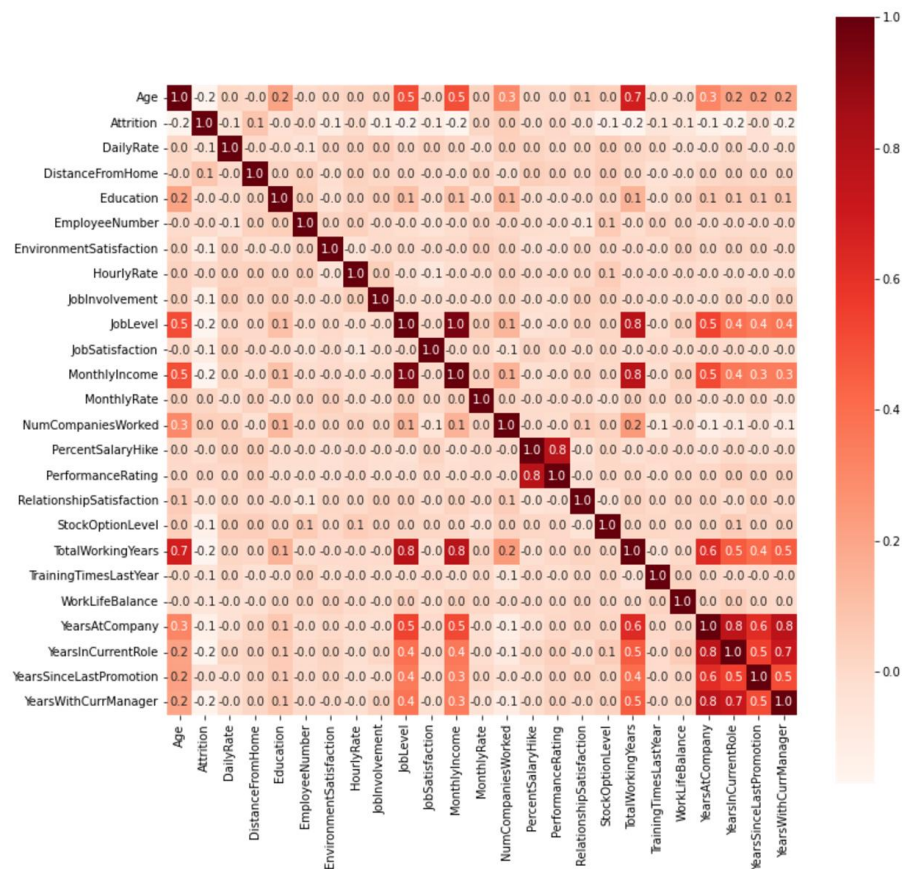


Рис. 1. – Теплова карта кореляції признаков



Для побудови моделі прогнозування відтоку працівників використовувалась сукупність різноманітних признаков, які можна розділити на кілька основних груп: демографічні ознаки (вік, стать, сімейний стан), робочі ознаки (департамент, посада, рівень роботи, відстань від дому до роботи, кількість років в компанії, на поточній посаді, з поточним керівником, з моменту останнього підвищення, службові поїздки), фінансові ознаки (оклад, рівень опціонів на акції, відсоток підвищення зарплати), залученість у роботу, освіта. Для аналізу та побудови моделі було використано датасет «IBM HR Analytics Employee Attrition & Performance» з відповідними ознаками [2]. Проведення кореляційного аналізу показало, що жоден з признаков не демонструє сильної лінійної кореляції з цільовою змінною (рис. 1).

Для навчання використовувались декілька різних методів машинного навчання: випадковий ліс (Random Forest), логістична регресія (Logistic Regression) та LightGBM. Вибірка була розбита на 3 частини: тренувальну, валідаційну, тестувальну, а також використовувався метод оверсемплінгу для вирішення проблеми незбалансованості класів [3]. Моделі оцінювались за допомогою крос-валідації з 5 фолдами для забезпечення надійності результатів. Для моделі LightGBM було використано метод ранньої зупинки (early stopping) з метою запобігання перенавчанню. Валідаційний набір використовувався для моніторингу метрики F1 score з ранньою зупинкою після 10 ітерацій без покращення. Для кожної моделі було визначено оптимальний поріг ймовірностей (threshold), при якому значення F1 score є максимальними. Це було досягнуто шляхом обчислення метрик precision, recall та F1 score для різних значень порогу від 0 до 1 з кроком 0.01. Оптимальний рівень порогу можна адаптувати відповідно до різних задач: можна обрати поріг, при якому значення recall є максимальним, щоб забезпечити виявлення максимальної кількості працівників, схильних до відтоку, або ж обрати поріг, який максимізує precision, якщо пріоритетом є точність у прогнозах, тобто мінімізація помилкових позитивних результатів (FP). Найкращі результати продемонструвала модель LightGBM з F1 score рівним 90%. Використовуючи вбудований метод

feature\_importances моделі LightGBM можна визначити найбільш значущі ознаки, які впливають на схильність відтоку працівників ІТ компанії (рис. 2).

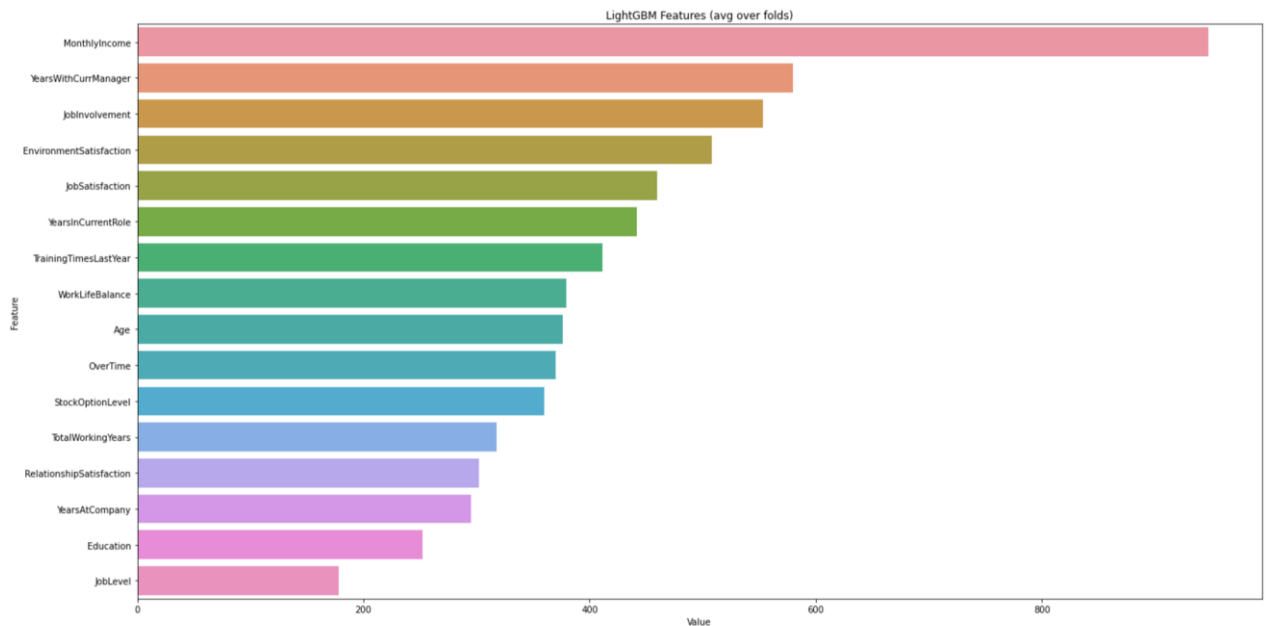


Рис. 2. – Найбільш значущі ознаки моделі LightGBM

Застосування методів машинного навчання для прогнозування відтоку працівників в ІТ компаніях дозволяє отримати високу точність прогнозів та вчасно виявляти працівників, які схильні залишити компанію. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на врахування додаткових факторів та збільшення кількості даних для підвищення точності моделі.

#### Список використаних джерел

1. Alcala G., Earl G., Murcia J. V. Machine Learning Techniques in Employee Churn Prediction. *TWIST*. 2024. 19 (1). P. 382-387
2. IBM HR Analytics Employee Attrition & Performance. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/pavansubhasht/ibm-hr-analytics-attrition-dataset/data>
3. Mohammed R., Rawashdeh J., Abdullah M. Machine Learning with Oversampling and Undersampling Techniques: Overview Study and Experimental Results. *11th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*. 2020. C. 243–248. DOI: [10.1109/ICICS49469.2020.239556](https://doi.org/10.1109/ICICS49469.2020.239556)

## ПРИЧИНИ НЕПОВНОТИ АРИФМЕТИКИ І ФОРМАЛЬНИХ СИСТЕМ

Baric O., [valexdep135@gmail.com](mailto:valexdep135@gmail.com),

Гупал М., [nikitagupal@yahoo.com](mailto:nikitagupal@yahoo.com),

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Теорема Геделя про неповноту – одна з найвідоміших теорем математики показує обмеженість формальних систем, які використовуються в математиці та має глибокі філософські наслідки для математики, логіки та інформатики. Гедель спирався на результати математичної логіки, теорії предикатів першого порядку і при побудові формул використовував такі операції, як квантор загальності  $\forall$  і логічну операцію «ні»  $\neg$ , які заборонені в теорії рекурсивних функцій [1] і теорії діофантових множин [2]. Тому результати щодо неповноти не переносяться на обчислювальні задачі.

При аналітичному виведенні твердження «я недоведена формула» були застосовані квантор загальності  $\forall$  та операція «ні»  $\neg$  [3]. В [4] показано, що таке твердження вивести неможливо для арифметичних поліномів, які також є формулами в системі логіки Геделя.

Значний інтерес представляє задача виявлення розв'язних та нерозв'язних проблем. Останні пов'язані з неповнотою обчислюваних задач. Вони вказують на обмеження, які виникають в теорії обчисленості та демонструють теоретичні границі можливостей реальних обчислювальних машин. В більшості випадків доведення нерозв'язності базуються на застосуванні діагонального методу Кантора, який є основною причиною появи неповноти у формальних системах.

Відомо з теорії рекурсивних функцій, що проблема « $x \in W_x$ » є нерозв'язною, де  $W_x$  – область визначення часткової обчислюваної функції, яка виконується програмою  $P_x$  з індексом  $x$ . Ця програма завершує роботу на вході  $x$ . Програма  $P_x$  складається зі скінченного набору команд, які можна закодувати натуральним числом.

Множина  $K = \{x | x \in W_x\}$  не є рекурсивною. Для неї не існує програми, яка дозволяє за скінченне число кроків розпізнати присутність або відсутність

довільного числа  $n = 0, 1, 2, \dots$  у цій множині. Показано, що множина  $K = \{x | x \in W_x\}$  є рекурсивно перелічна, вона є областю визначеності деякої обчислюваної функції [1].

Множина  $\bar{K} = \{x | x \notin W_x\}$  не є рекурсивно перелічною множиною, вона відрізняється від області визначеності будь якої унарної обчислюваної функції. Оскільки множина обчислювальних функцій зчисленна, то з цього випливає, що множина  $\bar{K} = \{x | x \notin W_x\}$  не є зчисленною і належить континууму. Таким чином уникнути неповноти при розв'язанні обчислювальних задач неможливо. За допомогою діофантових множин побудовано корисну інтерпретацію рекурсивно перелічних множин у вигляді арифметичних поліномів, які мають додатні корені.

У 1970 році було отримано результат про нерозв'язність 10-ї проблеми Гільберта: чи існує алгоритм, який за наданим поліномом  $p(x_1, \dots, x_n)$  з цілими коефіцієнтами розпізнає існування розв'язків рівняння  $p = 0$  в цілих числах. Ю. В. Матіясевич показав, що такого алгоритму не існує [2]. Основний технічний результат – це теорема про співпадіння класу діофантових множин та класу рекурсивно перелічних множин.

Діофантовими рівняннями називаються рівняння виду

$$D(a_1, \dots, a_n, x_1, \dots, x_m) = 0, \quad (1)$$

де  $D$  – поліном з цілими коефіцієнтами відносно усіх змінних  $a_1, \dots, a_n, x_1, \dots, x_m$ , які розбито на дві частини: параметри  $a_1, \dots, a_n$  та невідомі  $x_1, \dots, x_m$ . При фіксації значень параметрів отримуються конкретні діофантові рівняння.

При різному виборі значень параметрів одержують рівняння, які мають розв'язки, так і рівняння, які розв'язків не мають. Параметри діофантового рівняння (1) визначають деяку множину  $M$ , яка складається з усіх таких наборів значень параметрів  $a_1, \dots, a_n$ , для яких існують значення змінних  $x_1, \dots, x_m$ , які задовольняють рівнянню (1):

$$\langle a_1, \dots, a_n \rangle \in M \Leftrightarrow \exists x_1 \dots x_m [D(a_1, \dots, a_n, x_1, \dots, x_m) = 0]. \quad (2)$$

Число  $n$  – розмірність множини  $M$ , а еквівалентність (2) – діофантове представлення множини  $M$ .

Матіясевич довів, що клас діофантових множин співпадає з класом рекурсивно перелічних множин (р.п.). Зауважимо, що в теорії рекурсивних функцій та діофантових множин квантор загальності  $\forall$  та логічна операція «ні»  $\neg$  не використовуються, тому що вони можуть виводити функції з класу частково рекурсивних функцій [1,2].

Одним з класичних результатів в теорії рекурсивних функцій є теорема про існування р.п. множини  $K = \{x | x \in W_x\}$ , для якої не існує засобу, що дозволяє за скінченне число кроків розпізнати присутність або відсутність довільного числа у цій множині. Цей результат разом з діофантовістю р.п. множин дає негативний розв'язок 10-ї проблеми Гільберта [2].

Виберемо поліном  $p(a, y_1, \dots, y_m)$ , такий що

$$a \in W_a \Leftrightarrow \exists y_1, \dots, \exists y_m (p(a, y_1, \dots, y_m) = 0). \quad (3)$$

Це можна зробити в результаті діофантовості р. п. множини  $K$ . Тоді якщо б існувала розв'язувана процедура для 10-ї проблеми Гільберта, то існувала би і наступна розв'язувана процедура для проблеми « $x \in W_x$ ». Тобто проблема « $x \in W_x$ » зводиться до проблеми Гільберта, звідки витікає, що остання не розв'язна.

З теорії діофантових множин впливає варіант теореми про неповноту для арифметичних поліномів, які також є формулами в системі логіки Геделя.

Розглянемо випадок множини  $K = \{x | x \in W_x\}$ . Ця множина виражається поліномом (3). Якщо параметри належать множині  $K = \{x | x \in W_x\}$ , то поліном (3) має додатні корені. Тому для неї проблем з повнотою не виникає.

Розглянемо тепер множину  $\overline{K} = \{x | x \notin W_x\}$ . Якщо параметри належать цій множині, то поліном (3) додатних коренів не має. Множина  $\overline{K} = \{x | x \notin W_x\}$

належить континууму, оскільки жодна з обчислюваних функцій не може перелічити всі елементи цієї множини.

Таким чином у множини  $\overline{K} = \{x \mid x \notin W_x\}$  існує скінченна або нескінченна підмножина елементів, яку перелічити неможливо. Звичайно довести відсутність коренів для елементів цієї підмножини у полінома (3) неможливо.

Цей результат протирічить твердженню Геделя «я недоведена формула», тому, що арифметичні поліноми (3) є формулами в системі логіки Геделя і для них такої формули не існує. Таким чином в теорії Геделя неможливо розв'язувати обчислювані задачі типу арифметичних поліномів, або вона орієнтована на розв'язок класу логічних задач, для яких можна використовувати квантор загальності  $\forall$  та логічну операцію «ні»  $\neg$ . Наприкінці надамо результат про неповноту для обчислюваних задач.

**Теорема.** Існують арифметичні поліноми (3), які не мають цілих додатніх коренів і для яких не можна довести відсутність натуральних коренів.

#### Список використаних джерел

1. Катленд Н. Вычислимость. Введение в теорию рекурсивных функций: Пер. с англ. М.: Мир, 1983. 256 с.
2. Матиясевич Ю.В. Диофантовы множества. *Успехи математических наук*. 1971. 22(5). С. 185–222.
3. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. Москва. Наука. 1971. 320 с.
4. Гупал А. М., Вагіс О.А. Теорема про неповноту для обчислюваних задач. *Кібернетика та системний аналіз*. 2024. 60 (5). С. 16-19.

## РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ СУМІЩЕННЯ БІБЛІОГРАФІЧНИХ ЗАПИСІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗВЕДЕНОГО КАТАЛОГУ

Василенко О., [o.vasylenko@ugi.edu.ua](mailto:o.vasylenko@ugi.edu.ua)

*Український гуманітарний інститут (Буча, Україна)*

**Актуальність теми дослідження.** Зі збільшенням обсягів бібліографічних даних, які створюються та поширюються в електронних бібліотеках і репозитаріях, постала проблема ефективного об'єднання записів для створення єдиних каталогів. За даними міжнародних дослідницьких організацій, середній річний приріст бібліографічних записів у великих бібліотеках становить близько 10–15%, що ускладнює управління такими базами даних. Наприклад, WorldCat, один із найбільших глобальних каталогів, містить понад 500 мільйонів записів, серед яких значна частина дублюється. Ефективне об'єднання записів має ключове значення для підвищення якості обслуговування користувачів, оптимізації пошукових запитів та зменшення витрат часу на адміністрування. Автоматизація цього процесу дозволяє уникнути помилок, характерних для ручного об'єднання, та забезпечити високу швидкість і точність обробки даних [1].

**Основні результати дослідження.** Для дослідження було відібрано вибірку з 1 мільйона бібліографічних записів, що представляли різноманітні бібліотечні каталоги, електронні бази даних і академічні репозитарії. З цієї вибірки 20% записів були визначені як дублікати або близькі за змістом записи. Це стало відправною точкою для розробки алгоритмів кластеризації та стандартизації метаданих, що дозволили не лише ідентифікувати дублікати, але й ефективно їх об'єднувати.

Середній рівень дублювання складав 22%, однак цей показник суттєво зростав у базах даних, створених на основі даних із кількох джерел, досягаючи 30%. Основними причинами дублювання були:

1. Використання різних форматів записів, таких як MARC 21 та Dublin Core. Наприклад, один запис міг містити інформацію про автора в стандарті MARC, а інший – у менш детальному форматі Dublin Core.

2. Відмінності у написанні імен авторів, включаючи скорочення ініціалів, повне написання або інверсію імені та прізвища.

3. Різні версії заголовків для одних і тих самих видань, зокрема додавання уточнень, наприклад, «Revised Edition» або «Volume 1» [2].

Для вирішення проблеми дублювання було розроблено кілька типів алгоритмів, які враховували різні рівні схожості записів. Алгоритми базового рівня – використовували пряме порівняння полів метаданих, таких як автор, назва, дата публікації. Початковий результат дав точність об'єднання записів на рівні 83%. Алгоритми з розширеним контекстом – враховували додаткові параметри, зокрема предметні рубрики та ідентифікатори, такі як ISBN. Вони показали підвищення точності до 89%. Впровадження тезаурусів і авторитетних файлів – стандартизовані списки назв і авторів, такі як Library of Congress Name Authority File, дозволили досягти точності 94% [3].

Час обробки одного запису вручну складав 15 хвилин, що включало перевірку всіх полів, пошук відповідностей у зовнішніх базах та прийняття рішень щодо об'єднання. Впровадження автоматизації скоротило цей час до 1,5 хвилин завдяки проведеній інтеграції. Програмних модулів візуалізації: результати кластеризації демонструвалися у вигляді інтерактивних звітів для швидкого підтвердження автоматичних рішень. Це дозволило підвищити загальну продуктивність роботи на 90%, звільнивши ресурси для інших завдань, таких як оновлення каталогів або інтеграція нових джерел даних [4].

Тестування серед 200 користувачів, серед яких були як бібліотекарі, так і кінцеві користувачі, показало зростання точності пошуку. Кількість релевантних результатів зросла на 40%. Наприклад, для складних запитів, таких як пошук за серіями видань, дублікати більше не відображалися як окремі результати. Зниження часу на пошук: середній час пошуку необхідної інформації скоротився з 8 хвилин до 5 хвилин завдяки усуненню зайвих записів. Покращення задоволеності: 92% користувачів відзначили, що автоматизована система є зручнішою у використанні, ніж попередня [5].



Таким чином, автоматизація процесів об'єднання записів не лише покращила якість бібліотечних каталогів, але й позитивно вплинула на кінцевий досвід користувачів.

**Висновки.** Дослідження підтвердило, що автоматизація процесу об'єднання бібліографічних записів є дієвим засобом підвищення ефективності роботи бібліотек і інформаційних установ. Використання стандартизованих форматів метаданих, алгоритмів кластеризації та інструментів машинного навчання сприяє підвищенню точності і зменшенню витрат часу. Подальші дослідження можуть зосередитися на інтеграції мультимедійних даних і гармонізації міжнародних стандартів для глобального використання.

#### Список використаних джерел

1. Chapman A. Cataloguing and Classification: An Introduction to AACR2 and MARC 21. Facet Publishing. 2007. 242 p.
2. Gorman M., Winkler P. Anglo-American Cataloguing Rules. American Library Association, 2015. 620 p.
3. OCLC Research. Online Catalogs: What Users and Librarians Want. OCLC. 2011. 58 p.
4. Taylor A. G., Joudrey D. N. The Organization of Information. Libraries Unlimited. 2009. 512 p.
5. Coyle K. FRBR, Before and After: A Look at Our Bibliographic Models. *American Library Association*. 2016. 200 p.

# THE RELEVANCE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN MODERN WARFARE

Volynets K.,

[vokkykv@gmail.com](mailto:vokkykv@gmail.com)

*Kyiv National University of Economics, Kyiv*

**Abstract.** This paper examines the role and importance of information technology (IT) in modern military conflicts, particularly in asymmetric and hybrid warfare. Throughout history, military conflicts have been accompanied by technological advances. Recent global events have highlighted the power of IT in military strategy, intelligence and logistics. This study analyses the historical experience of IT in warfare, its current use and future trends to highlight the need for IT to shape modern, agile military strategy.

**Introduction and relevance.** The rapid development of digital technologies has transformed the battlefield, making information technology a key element of modern military power. Studies show that technologies such as digital intelligence, cybersecurity, and communications networks are becoming as important as traditional weapons, which is especially evident in conflicts such as the war in Ukraine. IT is making a significant contribution to surveillance, intelligence and cyber operations, opening up new strategic opportunities that previously seemed unattainable [7].

**Historical Background.** Historically, military operations have relied on physical conflict and basic communications. In the 20th century, technologies such as radar and encryption fundamentally changed the nature of warfare [2]. Advances in radio and communications technology laid the foundation for the modern digital transformation [8].

**Application of modern information technology in military operations.** Information technology is an integral part of modern military operations, especially real-time decision-making. The most important areas of application are:

- cyber operations. Attacking enemy infrastructure through cyberspace has become a key strategy in warfare [3].
- intelligence and surveillance. Modern tools such as drones, satellites and

artificial intelligence systems provide valuable data that enable precision attacks and reduce potential losses [5].

- logistics and communications. Integrated communication systems improve the coordination of forces even under difficult conditions and increase resistance to electronic warfare through encryption and frequency adaptation [9].

**Sociopolitical impacts.** The widespread integration of information technology into military operations has significant sociopolitical implications, affecting the global balance of power and civilian life. The use of advanced technologies creates cyber interdependencies between states, which can increase tensions and alter alliances. In addition, cyber threats to critical infrastructure such as energy, health, and transportation blur the line between combatants and civilians, increasing the vulnerability of civilians in conflict [6]. This interconnectedness highlights the need for an international legal framework for the use of military information technology to prevent the escalation of conflict.

**Future trends.** The integration of artificial intelligence, quantum computing, and blockchain in military IT systems has the potential to revolutionize warfare further. Artificial Intelligence could provide predictive analytics for enemy actions, while blockchain could improve the security and traceability of military communications [10].

**Economic impact of military IT.** The development and implementation of IT in military operations has far-reaching economic implications. Significant portions of government budgets are allocated to research and investment in advanced technologies such as artificial intelligence, cybersecurity and surveillance systems. These investments stimulate innovation and economic development in related sectors such as engineering and manufacturing. However, the financial burden of constant upgrades and the risks of cyber threats to economic assets pose significant challenges, especially for resource-limited countries, which can lead to an imbalance in defence capabilities on a global scale [10].

**Conclusions.** The evolution of information technology has made it an important resource in modern warfare with significant implications for military strategy and

global security. Those armed forces that use advanced IT solutions will gain a strategic advantage, which makes the development and implementation of these technologies a priority for national defence.

### References

1. Arquilla J., Ronfeldt D. Networks and Netwars: The Future of Terror, Crime, and Militancy. *RAND Corporation*. 2001.
2. Bernstein B. J. The Atomic Bomb and American Security: New Perspectives on the National Security State. *American Historical Review*. 2002.
3. Clarke R. A., Knake R. K. Cyber War: The Next Threat to National Security and What to Do About It. Ecco. 2010.
4. Gartzke E., Lindsay J. R. Cross-Domain Deterrence: Strategy in an Era of Complexity. *Oxford University Press*. 2015.
5. Gilli A., Gilli M. The Diffusion of Drone Warfare? Industrial, Organizational, and Infrastructural Constraints. *International Security*. 2016.
6. Kott A., Arnold D. Cyber Defense and Situational Awareness. *Springer*. 2010.
7. Libicki M. C. Cyberdeterrence and Cyberwar. RAND Corporation. 2009.
8. Paul C. Information Operations: Doctrine and Practice - A Reference Handbook. *Praeger Security International*. 2008.
9. Rid T. Cyber War Will Not Take Place. *Oxford University Press*. 2013.
10. Singer P. W., Friedman A. Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. *Oxford University Press*. 2014.

## **ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ НА СТАДІЯХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БАГАТОРІВНЕВОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО ТИПУ В УКРАЇНІ**

**Гавриленко С. А., [s.a.gavrilenko@nas.gov.ua](mailto:s.a.gavrilenko@nas.gov.ua)**

*Інститут кібернетики НАН України імені В.М. Глушкова, м.Київ*

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України є провідною організацією з найбільшим в Україні практичним досвідом у методології створення, реалізації впровадження та супроводження багаторівневих розподілених корпоративних та відомчих інформаційних систем і технологій.

Особливо слід зазначити результати розвитку напряму із створення методичного і технологічного інструментарію розробки розподілених інформаційних систем і технологій (ІС, ІТ), які забезпечують комплексну автоматизацію діяльності державних територіально-розподілених організаційних відомчих інфраструктур. Розроблено основний підхід до створення розподілених ІТ на основі концепції життєвого циклу обробки структурованих електронних документів. В рамках такого підходу розроблено типові інструментальні та функціональні компоненти створення розподілених ІТ, що успішно були використані в реалізації низки проєктів систем загальнодержавного призначення, наприклад, для Верховного Суду України, Рахункової палати, Державної податкової адміністрації України, Фонду соціального страхування з тимчасової втрати працездатності. Найбільш вагомими наукові результати фундаментальних, прикладних досліджень відділу, а також результати впровадження, супроводження і модифікація створених ІС та ІТ висвітлено у наукових публікаціях та чинних охоронних документах авторського колективу.

За всяк час фахівців інституту залучують для проведення експертних висновків з аналізу тендерних пропозицій, процесу договірних відносин, стану впровадження, експлуатації та підготовки прийняття науково-технічних і організаційних рішень з управління життєвим циклом (модифікація, розвиток, впровадження нових версій) корпоративних ІС та ІТ на стадіях впровадження,

промислової експлуатації та пост-гарантійного обслуговування. Такі експертні висновки можуть бути потрібні і потрібні і на стадіях обстеження нового проєкту інформатизації, цифровізації та впроваджених ІС та ІТ, що вичерпали свої ресурси в функціональному та платформеному змісті. Складність визначення з «діагнозом» експертного висновку є в історичному аспекті розвитком подій, пов'язаних із суттєвими змінами суспільної, професійної та державної позиції щодо створення впровадження, супроводження, модифікації, гарантійного та пост-гарантійного обслуговування автоматизованих програмних інформаційних систем і технологій державного рівня значимості. Такі позиції з 1995 року змінювались кілька разів і не завжди без внутрішніх та взаємних протиріч. В Україні майже завжди існував регуляторний механізм управління засобами інформатизації, а на часі цифровізації, для масштабних проєктів державного рівня в вигляді Національної програми інформатизації [1], а також відомчих і регіональних програми інформатизації, зокрема, це відноситься до будь якої державної установи, оргструктури та інфраструктури.

Провідною, керуючою організацією Національної програми інформатизації в різні часи були: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова, Держкомітет з науки і техніки, Держкомітет зв'язку і інформатизації, Мінцифри тощо. Звісно, що Національна програма інформатизації повинна враховувати максимально коректні взаємовідносини між Замовниками в особі державних і регіональних бюджетних оргструктур і Виконавцями в особі державних і комерційних виробників засобів інформатизації, що особливо стосується витрачання бюджетних коштів. Реєстрація таких робіт останні два десятиріччя проводить установа УкрІнТЕІ, що дозволяє в договірних відносинах використовувати пільги, зокрема, на сплату ПДВ.

Державне законодавство передбачає, що створення за бюджетні кошти програмних засобів для масштабних проєктів державного рівня можливе тільки за включення бюджету проєкту в Національну програму інформатизації. Але будь яка установа має право вести власні (за власний рахунок) дослідження в галузі ІС та ІТ, що фактично дозволяє створювати власний нематеріальний актив

у вигляді впровадженої ІС або ІТ, який відповідно до п.12 Національного положення (стандарту) бухгалтерського обліку в державному секторі 122 "Нематеріальні активи", затвердженого наказом Міністерства фінансів України 12.10.2010 № 1202 (зі змінами), що витрати на дослідження не визнаються нематеріальним активом. Такий фактичний підхід дозволяє створювати ІС та ІТ для державних структур не тільки за бюджетні кошти, що дозволяє не включення такого нематеріального активу на бухгалтерські рахунки.

Оскільки виконання таких проєктів передбачає мільйонні витрати та терміни виконання проєктів – 3-5 років, такі договори без фіксації в Національній програмі інформатизації практично неможливі, що визначило стратегічні рішення більшості комерційних розробників обходити складний механізм включення в Національну програму інформатизації за рахунок виготовлення типових програмних продуктів, реєстрації їх в державних органах сертифікації та/або авторських прав, продавати через механізми Держзакупівлі як продукт, або ліцензію на продукт в кількості користувачів, або передачу авторських прав із подальшою модифікацією, модернізацією, налаштуванням, адаптацією, первинним наповненням тощо. А в подальшому виставляти Замовнику щомісячні, щорічні рахунки за ліцензії або за авторські виплати. Що фактично приводить до тих самих термінів і коштів створення і впровадження готової системи, яка створювалась ті ж 3-5 років і коштувала б ті ж 5-10 мільйонів. Але оскільки програмне забезпечення чим пізніше створено, тим довше буде експлуатуватись, це приводить до скорочення терміну життєвого циклу програмних засобів на 3-5 років, та, відповідно до збільшення витрат, тобто за життєвий цикл програмної системи від проєктування до створення нової черги усереднено 8 років (5-10), то в разі механізму закупівлі ліцензій на продукт або використання договорів вигодо-набування на ОПВ – 5 років (3-7). Після чого є необхідність створення нової принципової версії (черги), що обумовлено швидкоплинними змінами розвитку програмного і комп'ютерного забезпечення (5-10 років -кардинальні зміни).

Суттєвим моментом функціонування ІС та ІТ є слушне питання захисту інформації в ІС та ІТ (що в останній час легітимізується наявністю сертифікату КСЗІ), яке є фактичним приводом спекуляції та доводом для прийняття неправомірних або немотивованих рішень в конкурентних питаннях.

Захист інформації в ІС та ІТ є не дуже вимірюємо точною величиною або величиною з розумною оцінкою, що перебачено рамками внутрішнього обміну потоків даних самої системи, бо існують різноманітні фактори витоку або спотворення на всіх видах подання електронних документів або, взагалі, будь-якої інформації. Захист інформації в мережевому або хмарно-мережевому комунікаційному середовищі накладає ще більші умовностей, щодо меж проникнення захисних технологій. Такий фактаж гарантує удорожчання вартості ІС та ІТ до трьох – п'яти разів. Що в поточних бюджетних умовах України робить фантастично-нереальним застосування методів та засобів захисту інформації в ІС та ІТ. Розумний спосіб обмеження захисту інформації, оснований на комплексному захисті структурованих електронних документів, є таким, що інформаційному захисту схильні тільки структуровані електронні документи та аутентифікація користувачів (з організаційним або візуальним контролем індивідуального або дозволеного доступу до перегляду подання структурованого електронного документу).

Більшість негараздів і розбіжностей щодо створення (модернізації, модифікації, розвитку), адміністрування та забезпечення функціонування засобу інформатизації, які спрямовані на виконання функцій держави або органів місцевого самоврядування на цей час враховані і будуть зафіксовані найближчими постановами керуючих державних органів, що підтвердить догму та логіку раніше декларованих стандартами мінімальні стадій та види забезпечення Іс та ІТ, що повинні бути враховані на життєвому циклі ІС та ІТ.

#### **Список використаних джерел**

1. Положення про формування та виконання Національної програми інформатизації, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 2 лютого 2024 р. № 119.



## ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ І НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Гладченко О.В., [gov\\_2016-2017ns@ukr.net](mailto:gov_2016-2017ns@ukr.net)

Луценко Н.О., [nadia.lutsen@gmail.com](mailto:nadia.lutsen@gmail.com)

*Державний податковий університет*

Сучасні обсяги даних відкривають унікальні можливості для отримання стратегічної та операційної цінності в різних галузях, таких як бізнес, охорона здоров'я та державне управління. Прикладом є використання великих даних у бізнесі для підвищення ефективності та адаптивності процесів. Як зазначають Ф. Провост та Т. Фоусетт, правильний аналіз даних дуже важливий для бізнес-стратегії, він допомагає компаніям покращувати прийняття рішень та побачити конкурентні загрози [1, с. 36]. У фінансовій сфері LSTM-мережі (Long Short-Term Memory) успішно застосовуються для прогнозування цін на основі часових рядів, що дозволяє аналітикам розраховувати ймовірні сценарії розвитку ринкових коливань та керувати інвестиційними ризиками. Виходячи з даної інформації, інтеграція машинного навчання для обробки великих за обсягом даних є необхідною та корисною у наш час.

Машинне навчання, як розділ штучного інтелекту, працює на основі адаптації моделей, які навчаються, опрацьовуючи вхідні дані, та покращують свою ефективність на основі нової інформації. Це дозволяє моделі не лише навчитися класифікувати або прогнозувати дані, а й виявляти приховані зв'язки та шаблони, які було б важко помітити людині. Як зазначає Т. Мітчелл [2, с. 17- 18], важливим аспектом машинного навчання є ступінь контролю, який має модель або алгоритм над вибором послідовності навчальних прикладів. У деяких випадках алгоритм покладається на зовнішнє джерело (наприклад, викладача або експерта), яке надає приклади та правильні рішення. В інших ситуаціях система може самостійно формулювати запитання або вибирати приклади, що потребують уточнення. Існує також підхід, коли модель самостійно генерує і досліджує нові приклади, не покладаючись на зовнішнє втручання. У таких випадках вона може експериментувати з новими ситуаціями

або вдосконалювати вже наявні стратегії, досліджуючи варіації дій, що здаються найбільш перспективними. Різноманітні підходи до навчання, від випадкових зовнішніх стимулів до автономного дослідження середовища, дозволяють адаптувати модель до різних умов і задач.

Нейронна мережа приймає вхідну інформацію та аналізує її способом, аналогічним тому, що використовує наш мозок. Під час аналізу вона вивчає (набуває досвіду і знання) і видає вихідну інформацію на основі надбаного раніше досвіду [3, с. 198]. Згідно з дослідженням, глибоке навчання розв'язує проблему складності аналізу великих обсягів даних та виявлення складних залежностей між ними, розбиваючи завдання на серію вкладених простих операцій. Вхідна інформація подається у вигляді "видимого шару", який містить спостережувані дані. Далі кілька "прихованих шарів" витягують дедалі більш абстрактні особливості з цих даних. Наприклад, перший прихований шар може розпізнавати краї, аналізуючи яскравість сусідніх пікселів; другий — кути та контури; третій — частини об'єктів, що складаються з контурів і кутів. Така ієрархічна структура дозволяє розпізнавати об'єкти на основі їхніх частин [4, с. 21].

Сучасні методи аналізу даних, такі як машинне навчання і нейронні мережі, попри всі свої можливості, стикаються з певними викликами, які потребують глибокого розуміння та адаптації під кожен конкретний випадок. Один із головних викликів пов'язаний із якістю вхідних даних: принцип «сміття на вході — сміття на виході» (або «garbage in — garbage out») досі залишається актуальним. Недосконалість даних, як-от погана структура, зашумленість чи неповнота, може призводити до хибних висновків і неякісних прогнозів.

Конфіденційність даних також є важливим аспектом, адже обробка великих обсягів інформації може розкривати особисті дані. Завдяки таким обмеженням це потребує виваженого підходу для забезпечення приватності, що є критично важливим у масштабованих системах аналізу [5, с. 29]. Попри всі виклики, технології машинного навчання і нейронних мереж залишаються потужними інструментами аналізу даних. Вони здатні не лише класифікувати та

структурувати інформацію, а й відкривати нові знання, які можуть значно розширити наші уявлення про світ.

Завдяки постійному вдосконаленню алгоритмів і зростанню обчислювальних можливостей, ці методи продовжують розвиватися і стають дедалі ефективнішими в різних сферах. Зі зростанням обсягів даних вони будуть адаптуватися до нових умов і розширювати свої можливості, відкриваючи нові перспективи для вирішення складніших завдань у майбутньому.

#### **Список використаних джерел**

1. Provost F., Fawcett T. Data Science for Business. Sebastopol, 2013. 409 p.
2. Mitchell T. M. Machine Learning. New York, 1997. 421 p. URL: <http://surl.li/mhntea>
3. Черняк О.І., Захарченко П.В. Інтелектуальний аналіз даних. Київ, 2010. 837 с. URL: <http://surl.li/btkzkn>
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge, 2016. 802 p. URL: <http://surl.li/yekcjs>
5. Marcus G., Davis E. Rebooting AI. New York, 2019. 247 p. URL: <http://tankona.free.fr/marcus2019.pdf>

## МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА

Гладченко О.В., [gov\\_2016-2017ns@ukr.net](mailto:gov_2016-2017ns@ukr.net)

Степанюк К.В., [kristinastepanuk70@gmail.com](mailto:kristinastepanuk70@gmail.com)

*Державний податковий університет*

Мікропроцесорна техніка є ключовою частиною сучасного науково-технічного прогресу, оскільки вона забезпечує функціонування автоматизованих систем у різних галузях: від промисловості й транспорту до медицини та побуту. Її значущість полягає в здатності мікропроцесорів реалізовувати складні обчислювальні операції, підтримувати зв'язок між компонентами систем і виконувати адаптивне керування в реальному часі.

Сучасні технологічні тенденції, такі як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект і автономні системи, покладаються на мікропроцесори, тому їх дослідження та вдосконалення є стратегічно важливими. Однак, разом зі швидким зростанням вимог до продуктивності мікропроцесорів, виникають нові виклики: забезпечення енергоефективності, адаптація до змінних умов експлуатації, інтеграція новітніх протоколів зв'язку, а також мінімізація вартості виробництва. Це актуалізує завдання вивчення архітектури мікропроцесорів, оптимізації їхнього використання і розробки ефективного програмного забезпечення. Розвиток мікропроцесорної техніки дозволяє створювати системи, здатні обробляти великі обсяги даних, інтегруватися в глобальні мережі, а також забезпечувати гнучкість і універсальність пристроїв. Її дослідження необхідне для підтримки темпів технологічного прогресу та створення інноваційних рішень, які підвищують ефективність і зручність використання техніки в різних сферах.

У процесі глобалізації та інтеграції технологій розробка мікропроцесорів стає ще більш конкурентоспроможною, а впровадження новітніх технологій, таких як штучний інтелект та Інтернет речей (IoT), стає обов'язковим для розвитку сучасних мікропроцесорних систем.

Переходячи до аналізу конкретних аспектів розвитку мікропроцесорної техніки, можна виділити наступні основні тези:

1) мікропроцесор - це мініатюрна обчислювальна машина, розміщена на одній великій інтегральній схемі [1, с. 240].

2) вибір мікропроцесорів залежить від вимог по швидкодії (залежно від частоти роботи перетворювача, обсягу обчислень при виробленні керуючого впливу, необхідними апаратними ресурсами мікропроцесора або мікроконтролера (наявністю вбудованих АЦП, мультиплексорів, компараторів, ШІМ, таймерів, регістрів захоплення подій, інтерфейсів зв'язку та кількості ліній портів для введення-виведення сигналів [2, с. 15].

3) поняття архітектури мікропроцесора визначає його складові частини та зв'язки та взаємодію між ними [2, с. 14].

4) мікрокомп'ютери - могутніші мікропроцесорні системи з розвиненими засобами сполучення із зовнішніми пристроями [3, с. 5].

5) мікропроцесорна система - обчислювальна, контрольно-вимірювальна або керуюча система, в якій основним пристроєм обробки інформації є МП. Мікропроцесорна система будується з набору великих інтегральних схем (ВІС) [2, с. 7].

6) мікроконтролери - найпростіший тип мікропроцесорних систем, у яких всі або більшість вузлів системи виконані у вигляді однієї мікросхеми [3, с. 5].

7) одним із найбільш ефективних шляхів захисту інформації у мікропроцесорних системах є кодування, стійке до завад, яке здійснюється введенням у кодові комбінації додаткових бітів, призначених або для виявлення і виправлення помилок, або тільки для виявлення помилок [2, с. 41].

8) при впровадженні мікропроцесорної системи керування необхідно забезпечити погоджене функціонування пристроїв, що входять у підсистеми [3, с. 14].

9) будь-яка виробнича технологія являє собою набір окремих кроків: від виміру параметра до сигналів керування системою, і всі операції повинні бути зв'язані інформаційними мережами [3, с. 70].

10) за МК обрані сучасні мікроконтролери серії AVR. Оскільки AVR Flash мікроконтролери доступні в різних версіях то вони чудово підходять в різні

додатки, починаючи від управління побутовими пристроями до складних систем керування електроприводами. Мікроконтролери AVR все частіше використовуються замість спеціалізованих інтегральних схем в різних галузях техніки [2, с. 5].

Мікропроцесорна техніка містить в собі проектування та використання мікропроцесорів для обробки, зберігання та передачі даних. Розвиток мікропроцесорних технологій відкриває нові можливості для автоматизації, удосконалення алгоритмів управління та підвищення ефективності різноманітних систем.

У процесі дослідження теми мікропроцесорної техніки було виявлено кілька основних напрямків її розвитку, що включають:

1. Інтеграція функцій і мініатюризація. Сучасні мікропроцесорні системи здатні об'єднувати численні функції в одному чіпі, що дозволяє значно зменшити розміри пристроїв і підвищити їхню ефективність. Це стало можливим завдяки прогресу в технології виробництва мікросхем, що дозволяє розміщувати на малих площах великі обсяги інтегрованих функцій.

2. Підвищення енергоефективності. Однією з ключових проблем мікропроцесорної техніки є енергоспоживання, особливо в мобільних пристроях і вбудованих системах. Виробники активно працюють над зменшенням енергоспоживання мікропроцесорів, що дозволяє створювати більш автономні та енергоефективні пристрої.

3. Швидкість обробки даних та багатозадачність. Сучасні мікропроцесори мають високу швидкість обробки даних, що дозволяє виконувати складні обчислювальні задачі в реальному часі. Крім того, вони підтримують багатозадачність, що дозволяє одночасно виконувати кілька операцій без втрати продуктивності.

Дослідження показало, що мікропроцесорна техніка продовжує розвиватися в напрямку підвищення ефективності, зниження енергоспоживання та поліпшення функціональності пристроїв. Застосування новітніх технологій, таких як штучний інтелект і IoT, а також удосконалення архітектурних рішень

мікропроцесорів, дають можливість створювати ще більш потужні та універсальні системи, що знаходять своє застосування у все нових сферах людської діяльності.

Підсумовуючи необхідно зазначити, що мікропроцесорна техніка є фундаментальною технологією сучасності, яка забезпечує ефективну автоматизацію, високу продуктивність та інтеграцію різних систем. Її розвиток визначається мініатюризацією, енергоефективністю та впровадженням інновацій, таких як штучний інтелект і Інтернет речей, що дозволяє вирішувати складні завдання в реальному часі. Завдяки гнучкості програмного забезпечення та можливостям апаратної оптимізації мікропроцесори адаптуються до потреб різних сфер діяльності, знижуючи витрати та підвищуючи надійність. Таким чином, мікропроцесорна техніка продовжує залишатися ключовим рушієм технічного прогресу, визначаючи нові горизонти у технологічному розвитку.

#### Список використаних джерел

1. Перспективи розвитку комп'ютерних технологій. *Нанотехнології*. Львів: Національний університет Львівська політехніка. 2019. 246 с.  
URL: <https://studfile.net/preview/9823529/page:15/#208>
2. Терещенко Т.О. та ін. Мікропроцесорні пристрої: навч. посібник для студентів зі спеціальності «Електроніка». К.: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». 2017. 244 с.  
URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/70ca26dd-6e59-4e5d-878f-7f5e89d943c8/content>
3. Чван В. М. Мікропроцесорні системи автоматизації. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 7.090503 "Гідроенергетика" денної та заочної форми навчання. Запоріжжя: Запорізька державна інженерна академія. 2007. 137 с.  
URL: <http://surl.li/ikbmef>

## ВІДЕОСИСТЕМИ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Гладченко О.В., [gov\\_2016-2017ns@ukr.net](mailto:gov_2016-2017ns@ukr.net)

Чалій К.Р., [chalii16092005@gmail.com](mailto:chalii16092005@gmail.com)

*Державний податковий університет*

У сучасному світі технології відео є невіддільною частиною багатьох сфер діяльності, включаючи безпеку, комунікації, медицину та виробництво. Відеосистеми реального часу забезпечують миттєву передачу та обробку відеопотоків, що відкриває нові можливості для інтерактивних додатків, моніторингу та управління. Ці системи відіграють важливу роль у забезпеченні ефективної роботи різних технологій, таких як відеоспостереження, відеоконференції та дистанційне навчання [1].

Для забезпечення ефективної роботи відеосистем реального часу необхідно враховувати ряд технологічних аспектів. Оскільки системи повинні працювати без затримок і забезпечувати високий рівень якості відео, важливими компонентами таких систем є алгоритми стиснення відео, методи обробки зображень і оптимізація мережевих з'єднань:

- Стиснення відео – одним з основних аспектів, який визначає ефективність відеосистеми реального часу, є алгоритми стиснення відео. Стиснення дозволяє зменшити розмір відеофайлів, що забезпечує швидшу передачу даних через мережу [2, с. 54-61].
- Обробка зображень та аналіз відео – однією з важливих компонентів сучасних відеосистем є використання алгоритмів комп'ютерного зору для обробки відео в реальному часі [4].
- Мережеві технології – для забезпечення безперебійної роботи відеосистем реального часу необхідно застосовувати технології, що гарантують мінімальні затримки при передачі відео [1].

Відеосистеми реального часу знаходять своє застосування в широкому спектрі сфер діяльності. Їх можливості дозволяють значно покращити ефективність роботи організацій і забезпечити зручні інструменти для користувачів [3, с. 78-89].



Однією з найбільш важливих сфер застосування відеосистем є безпека. Сучасні системи відеоспостереження дозволяють в реальному часі відстежувати події на території об'єкта, що забезпечує оперативне реагування на загрози [5].

З розвитком цифрових технологій відеоконференції стали важливим інструментом для ведення бізнесу, освіти та навіть для соціальних взаємодій. Відеосистеми реального часу дозволяють організовувати зустрічі та обговорення без необхідності фізичної присутності учасників, що значно знижує витрати часу та ресурсів. Використання таких платформ, як Zoom, Microsoft Teams або Google Meet, стало звичним для багатьох організацій по всьому світу [1; 3].

Попри всі досягнення в області відеосистем реального часу, існує кілька основних проблем, які потребують вирішення.

Однією з найбільших проблем відеосистем є затримки при передачі відео. Вони можуть виникати через низьку пропускну здатність мережі або недостатню обробну потужність серверів. Затримки можуть вплинути на якість зв'язку, особливо у важливих сферах, таких як медицина чи відеоспостереження.

Інтеграція відеосистем з іншими інформаційними системами може бути складною задачею. Вона вимагає розробки спеціальних інтерфейсів і використання стандартів, які дозволяють безперешкодно обмінюватися даними між різними системами [5].

В майбутньому відеосистеми реального часу зазнають значних змін завдяки розвитку новітніх технологій, таких як штучний інтелект (AI) та квантові обчислення. Штучний інтелект дозволить покращити точність розпізнавання об'єктів, оптимізувати якість відео в умовах обмежених ресурсів та автоматизувати багато процесів в системах відеоспостереження. Квантові обчислення, своєю чергою, обіцяють значне покращення швидкості обробки відео та зниження затримок [4].

Відеосистеми реального часу є важливим компонентом сучасних технологій і мають широке застосування в різних сферах. Проте існують певні технічні та організаційні проблеми, які потребують вирішення для досягнення оптимальної ефективності цих систем. Розвиток новітніх технологій, таких як

штучний інтелект та квантові обчислення, відкриває нові перспективи для подальшого вдосконалення відеосистем реального часу, що дозволить значно покращити їх функціональність та застосування в майбутньому.

#### Список використаних джерел

1. Гладченко О., Ратушняк Т., Беспарточна О. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології для забезпечення якісного дистанційного навчання. *Теорія і практика управління соціальними системами: філософія, психологія, педагогіка, соціологія*. Харків: НТУ «ХПІ», 2022. № 2. С. 76–91.  
URL: <http://tipus.khpi.edu.ua/article/view/260402>
2. Іванченко М.П. Технології стиснення та обробки відеоданих в реальному часі. *Вісник Харківського національного університету радіоелектроніки*. 2021. № 8. С. 54–61.
3. Ковальчук І.Г., Бондаренко С.В. Відеоконференції в сучасному бізнесі та освіті: досвід і тенденції. Київ: Інститут інноваційних технологій, 2023. С. 78–89.
4. Коваленко О.С., Петренко В.І. Алгоритми обробки відеосигналів в реальному часі. Київ: Наукова думка, 2022. С. 45–67.
5. Лозинський Р.С. Кібербезпека в системах відеоспостереження. *Збірник наукових праць з кібербезпеки*. 2023. № 2. С. 12–18.
6. Савченко О.Л., Мельничук В.А. Системи відеоспостереження у забезпеченні безпеки: виклики та перспективи. *Технології захисту інформації*. 2020. № 4. С. 102–109.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ГРАФІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ НА ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМАХ

Годлюк В. В., [goodiniv@ukr.net](mailto:goodiniv@ukr.net)

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

У сучасному світі цифрові платформи стають основою для багатьох сфер діяльності — від соціальних мереж і електронної комерції до платформ доставки контенту й управління ресурсами. Ключовою характеристикою таких платформ є їх складна мережа взаємодій між користувачами, продуктами та контентом. Для аналізу, оптимізації та моделювання цих взаємодій особливу роль відіграє теорія графів, за допомогою якої є можливість ефективно відображати та аналізувати взаємозв'язки між об'єктами.

Зростаючий обсяг даних і зростання кількості підключених пристроїв (Internet of Things (IoT), смарт-пристрої) роблять застосування графових моделей ще більш важливим. Це дозволяє вирішувати завдання маршрутизації даних, персоналізації контенту та прогнозування поведінки користувачів у реальному часі.

На цифрових платформах взаємодії можуть бути представлені у вигляді графів, де вузли (вершини) — користувачі, продукти, послуги чи інші елементи платформи, ребра — зв'язки між вузлами, які можуть бути орієнтованими або неорієнтованими, зваженими або незваженими [1].

Основні задачі взаємодії на платформах, які можуть бути вирішені за допомогою теорії графів, це аналіз соціальних зв'язків (визначення впливових користувачів, виявлення спільнот і моделей поведінки), маршрутизація даних (оптимізація потоків інформації між вузлами, наприклад, у логістичних системах), системи рекомендацій (побудова рекомендаційних списків для користувачів на основі схожості з іншими користувачами чи продуктами).

Використання теорії графів у роботі цифрових платформ дозволяє оптимізувати ресурси, швидко приймати рішення, забезпечити прозорість аналізу взаємодій через візуалізацію складних зв'язків.

Теорія графів є математичним інструментом для моделювання об'єктів (вузлів) і взаємозв'язків між ними (ребер). У контексті цифрових платформ вузли можуть представляти користувачів, продукти або пристрої, а ребра — взаємодії між ними, наприклад, транзакції, комунікації чи передачу даних.

$$\text{Граф } G = V, E,$$

де:  $V$  — множина вузлів (вершин),  $|V| = n$ ;  $E$  — множина ребер,  $|E| = m$ .

Взаємодії на цифрових платформах можна моделювати за допомогою графів, які відображають структуру зв'язків між різними об'єктами, такими як користувачі, сервери або ресурси. Графи в свою чергу є зваженими — це граф, у якому кожному ребру  $(u, v) \in E$  призначається певна вага  $w(u, v)$ , вага ребра може представляти різні показники, такі як час передачі даних між вузлами  $u$  і  $v$ , частоту взаємодій (наприклад, кількість повідомлень між користувачами), вартість транзакції (наприклад, у фінансових системах), або орієнтованими — це граф, у якому кожне ребро має визначений напрямок, тобто ребро  $(u, v)$  вказує на те, що дані передаються від вузла  $u$  до вузла  $v$ , але не в зворотному напрямку, це важливо для моделювання процесів, де взаємодія є односторонньою (передача файлів, потік товарів у ланцюгах постачання, надсилання повідомлень у соціальних мережах).

Для визначення важливих вузлів у соціальній мережі використовується концепція ступеня вершини [2].

Ступінь вершини  $d(v)$ :

$$d(v) = \sum_{u \in V} a(v, u),$$

де  $a(v, u) = 1$ , якщо  $(v, u) \in E$ , і  $0$  — якщо такого ребра немає. Цей показник дозволяє визначити найбільш впливових користувачів або продукти на платформі.

Окрім аналізу окремих вузлів за допомогою показника ступеня вершини, теорія графів пропонує ефективні алгоритми для розв'язання завдань оптимізації в мережах. Одним із таких алгоритмів є алгоритм Дейкстри, завдяки якому можна знайти найкоротший шлях  $d(s, t)$  між вузлами  $s$  (джерело) і  $t$  (ціль) [3].

Оновлення відстані до вузла  $v$  відбувається за принципом поступового порівняння поточного значення з можливим новим шляхом через вузол  $u$ :

$$d(v) = \min(d(v), d(u) + w(u, v)),$$

де:  $d(u)$  — найкоротша відстань до вузла  $u$ ;  $w(u, v)$  — вага ребра між  $u$  і  $v$ .

Для сегментації користувачів або продуктів на основі їхніх взаємозв'язків у цифрових платформах широко використовуються алгоритми кластеризації графів [4]. Ці методи дозволяють виявляти групи вузлів, які мають схожі характеристики або сильні зв'язки між собою. Такі алгоритми є особливо корисними для рекомендаційних систем, соціальних мереж та маркетингової аналітики.

Ключова ідея спектральної кластеризації полягає в тому, щоб знайти групи вузлів, які мають сильні зв'язки всередині групи, але слабо пов'язані з вузлами інших груп [5]. Це дозволяє визначити, наприклад, групи користувачів із подібними вподобаннями або продукти, що часто купуються разом.

Для досягнення цього використовують матрицю, яка називається матрицею розподілу зв'язків графа, і позначається як  $L$ . Вона обчислюється за формулою:

$$L = D - A,$$

де:  $D$  — діагональна матриця, яка показує, скільки зв'язків має кожен вузол (тобто скільки інших вузлів безпосередньо пов'язані з ним);  $A$  — матриця суміжності, яка відображає наявність зв'язків між вузлами (1 — якщо є зв'язок, 0 — якщо немає).

Завдяки своїм можливостям теорія графів дає можливість ефективно аналізувати зв'язки між об'єктами, такими як користувачі, продукти та ресурси, а також оптимізувати процеси, пов'язані з маршрутизацією даних, сегментацією користувачів та персоналізацією контенту. Завдяки алгоритму Дейкстри, можна виконувати пошук найкоротших маршрутів у мережах, критично важливих для логістики та передачі даних, завдяки методу спектральної кластеризації, можна виявляти групи вузлів зі схожими характеристиками, що має застосування у рекомендаційних системах та маркетинговій аналітиці.

Висновки роботи демонструють ефективність теорії графів як основи для створення інноваційних рішень на цифрових платформах. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію графових алгоритмів із сучасними технологіями, такими як машинне навчання, для прогнозування поведінки користувачів і автоматизації процесів в умовах динамічних змін.

#### **Список використаних джерел**

1. Shinta D., Nugroho P., Suryadi A., Sholahuddin H. et al. Social Network Analysis in Graph Theory and Its Application to Social Media Platforms. 2024.
2. Gross J. L., Yellen J., Anderson M. Graph theory and its applications. *Chapman and Hall/CRC*. 2018. 800 p.
3. Dijkstra E. W. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. *Numerische Mathematik*. 1959. 1(1). P. 269–271.
4. Мелешко Є. Методи кластеризації графів соціальних мереж для побудови рекомендаційних систем. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2019. 2(54). С. 129–134.
5. Shi J., Malik J. Normalized Cuts and Image Segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2000. 22 (8). С. 888–905.

## **РОЗВИТОК РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ НАН УКРАЇНИ**

**Голоцуков Г.В., Гавриленко С.О.**

[golotsukov@nas.gov.ua](mailto:golotsukov@nas.gov.ua),

*Інститут кібернетики НАН України імені В.М. Глушкова, м.Київ*

Інститутом кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України в останнє десятиріччя виконувались науково-технічні проекти НАН України із застосуванням сервіс-орієнтованих технологій хмарних обчислень, які створені та впроваджені в установах, відділеннях та низці структурних підрозділів апарату Президії НАН України, зокрема, за останні вісім років Розподілена інформаційна технологія підтримки науково-організаційної діяльності НАН України (РІТ НОД НАН України), призначена для документального ведення основної інформації про тематику наукових досліджень НАН України, результати її виконання, а також створену та впроваджену продукцію та об'єкти права інтелектуальної власності.

Слід зазначити, що за останнє десятиліття однією з головних тенденцій розвитку інформаційних технологій для автоматизації організаційно-управлінських завдань у провідних країнах світу стало створення інформаційних та інформаційно-телекомунікаційних систем. Такі системи спрямовані на підвищення ефективності та оперативності прийняття організаційно-управлінських рішень, автоматизацію широкого спектру адміністративних процесів, забезпечення централізації підтримки функціонування інформаційних ресурсів, застосування електронних форм взаємодії між головними та підпорядкованими організаціями на базі електронного документообігу та технологій розподіленої обробки даних.

РІТ НОД НАН України є першим кроком до побудови сучасної корпоративної інформаційної технології науково-організаційної діяльності НАН України. Основними завданнями щодо розвитку і модифікації РІТ НОД НАН України за останні три роки були:

Загальні регулярні роботи розвитку, впровадження, супроводження, експлуатації складових елементів ЄІС НОД (РІТ НОД) [1] підтримки переважної більшості задач управління науковими дослідженнями (НД) в НАН України, актуалізація системи до прийнятих нормативно–правових актів: розвиток, модифікація, впровадження в порядку супроводження елементів ефективної взаємодії складових РІТ НОД та компонентів ПВ РОПІВ.

А саме програмні компоненти динамічної актуалізації довідника пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок, який забезпечує відповідність нормативні бази України, зокрема, за Постановою Президії НАН України від 10.01.2024 № 8 “Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2024–2028 роки” та Постанови Кабінету Міністрів України “Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок” зі змінами та доповненнями.

Розробити і виконати впровадження комплексу реєстру пакету електронних документів електронних документів розподіленої інформаційної технології: договори, додаткові угоди, фінансові додатки, акти, робочі плани.

Виконати модифікацію функціональних і технологічних можливостей підсистем, інформаційних та програмних компоненти єдиної розподіленої інформаційної технології науково-організаційної діяльності НАН України відповідно до змін у нормативно–правових актах Академії щодо документообігу з формування тематики та контролю і оцінки виконання наукових досліджень, а також у документах та показниках, обробка яких підтримується системою.

Виконати розробку та розвиток програмних компонентів для формування деяких Зведених Таблиць МОН України для всіх рівнів інфраструктури Академії.

Результати робіт розвитку, модифікації і впровадження РІТ НОД НАН України приведені в таблиці 1.



Таблиця 1.

**Поточний стан впровадження і експлуатації  
РІТ НОД НАН України та інших компонентів  
структурними підрозділами НАН України і науковими установами  
на кінець 2024 року**

| <b>Показник</b>                              | <b>ВСЬОГО</b> |
|----------------------------------------------|---------------|
| Наукових установ                             | 192           |
| Суб'єктів РІТ НОД (користувачів)             | 18045         |
| Карток НДР/ДКР, що виконуються               | 2810          |
| Запитів на відкриття НДР/ ДКР                | 602           |
| Реєстраційних карток НДР/ДКР                 | 419           |
| Створено договорів НДР/ ДКР                  | 240           |
| Створено додаткових угод до договору НДР/ДКР | 29            |
| Створено Актів здачі приймання НДР/ДКР       | 284           |

В основні результати 2024 року робіт з розвитку, модифікації і впровадження РІТ НОД НАН України стосуються:

- Формування актів і додатків здачі-приймання наукового-технічного проєкту в РІТ НОД НАН України, синхронізації електронних документів РІТ НОД, формування Робочого плану за темою для всіх видів тематичних напрямів (переведено в стадію дослідної експлуатації).

- Створено і впроваджено в експлуатацію динамічний довідник «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук» Національної академії наук України, який підтримує формування (вибір за роками) відповідних документів та застосовано в формуванні звітів.

- Розроблено звіт «Таблиця МОН України». «Фінансове забезпечення і стан реалізації пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки». Звіт формується у відповідності до установ, відділень Академії та Академії НАН України в цілому.

В поточному стані реалізації і впровадження РІТ НОД НАН України реалізована Схема документообігу за договорами, схеми, щодо додаткових угод і актів здачі-приймання, робочих планів (зокрема, для наукових установ).

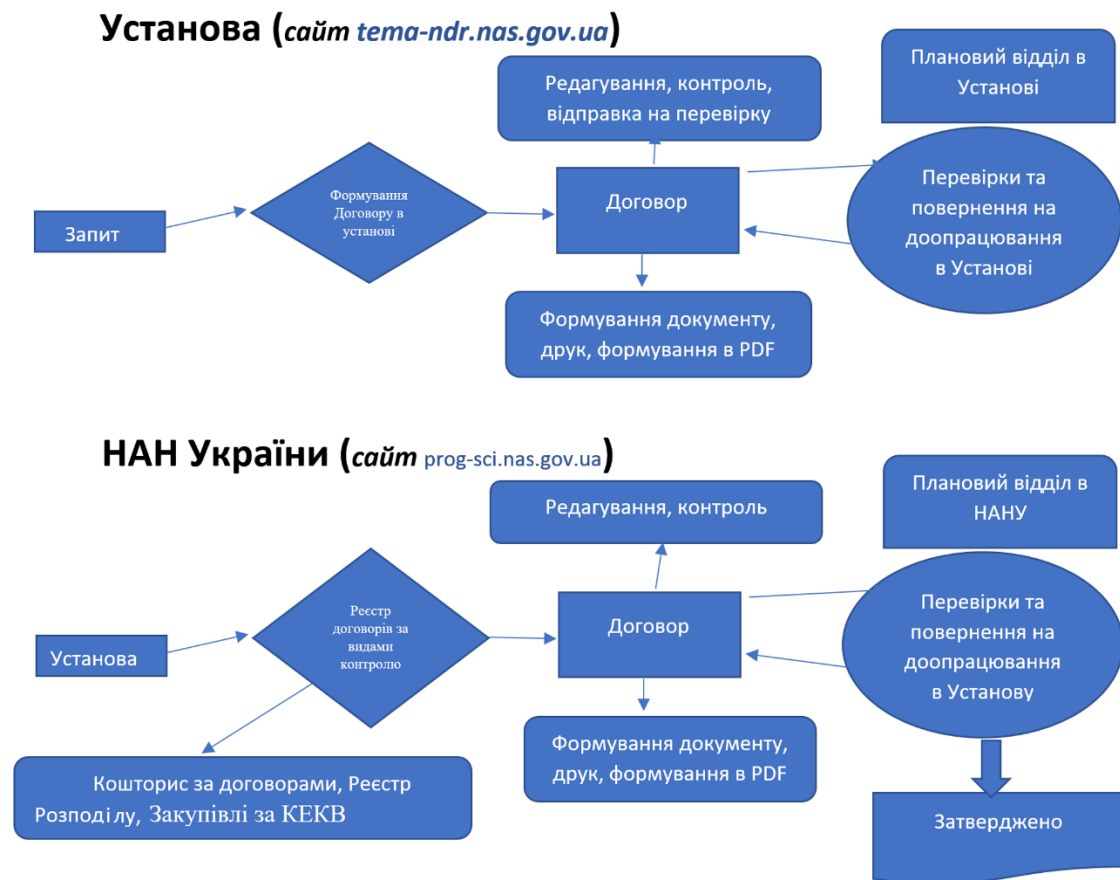


Рис. 1. Схема документообігу за договорами

Перспективи розвитку РІТ НОД НАН України це – підтримка фінансово-економічної діяльності НАН України шляхом створення багаторівневої розгалуженої підсистеми для фінансово- та планово-економічного забезпечення діяльності НАН України для роботи з бюджетними пропозиціями і бюджетним запитом НАН України, паспортами бюджетних програм та досягнення результативних показників виконання бюджетних програм (публікаційна активність, створена та впроваджена науково-технічна продукція тощо).

#### Список використаних джерел

1. Гавриленко С.О., Голоцуков Г.В. Єдина інформаційна система підтримки задач управління науково організаційною діяльністю (НОД) в НАН України. *Ідеї академіка В.М. Глушкова і сучасні проблеми теоретичної кібернетики*: Матеріали ІХ-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Глушковські читання». Київ, 2020. С. 20-23.

# ДИНАМІЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АДАПТИВНИХ ОБЧИСЛЕНЬ: ОСНОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Голоцукова Т.Г., [TG\\_Gol@nas.gov.ua](mailto:TG_Gol@nas.gov.ua)

Ламонов П.В., [lamonov\\_p@ukr.net](mailto:lamonov_p@ukr.net)

*Інститут кібернетики НАН України імені В.М. Глушкова*

Досягнення у сфері штучного інтелекту стрімко сприяють розвитку країн, які активно інвестують у дослідження перспектив його застосування в різних аспектах життя. Увагу приділяють тим технологіям, які здатні максимально швидко та ефективно допомагати у прийнятті рішень в складних і екстремальних ситуаціях [1]. Для вирішення таких завдань широко використовують штучні нейронні мережі – моделі, що імітують процеси навчання, які відбуваються у людському мозку [2]. Сучасні додатки машинного навчання, такі як комп'ютерний зір, обробка природної мови та прогнозування часових рядів, вимагають значних обчислювальних ресурсів. Статичні архітектури нейронних мереж, попри їхню ефективність, не завжди оптимальні в умовах динамічно змінюваних даних. Щоб вирішити цю проблему, все більше науковців звертаються до динамічних нейронних мереж (ДНМ), здатних адаптувати свою структуру і параметри в режимі реального часу [3]. Динамічні нейронні мережі відрізняються від статичних тим, що їхня структура може змінюватися залежно від вхідних даних [4]. Основні підходи до реалізації ДНМ включають:

- *Динамічну маршрутизацію*: визначення шляхів проходження даних через різні шари мережі на основі їхніх характеристик.
- *Сегментацію мережі*: можливість вимикати або активувати окремі частини мережі, що знижує обчислювальні витрати.
- *Моделі зі змінним розміром*: мережі, які можуть змінювати кількість шарів або нейронів у процесі виконання задачі [5].

Розглянемо деякі переваги динамічних мереж:

1. *Сумісність*: сумісні з більшістю передових методів глибокого навчання.
2. *Економія обчислювальних ресурсів*: завдяки адаптації під конкретні завдання, ДНМ ефективно використовують доступні ресурси [3].

3. *Покращення продуктивності*: такі мережі можуть надавати точніші результати через динамічне налаштування під дані.

4. *Стійкість до змін середовища*: ДНМ легше адаптуються до нових умов або змінюваних вхідних даних [4].

Доцільно проаналізувати приклади застосування ДНМ, зокрема:

- *Обробка зображень та відео*. Динамічне виділення важливих областей зображення з менш детальним опрацюванням інших частин. Наприклад, це може дозволити краще діагностувати захворювання із використанням медичних зображень, виявляти аномалії на МРТ, КТ або рентгенівських знімках. Також використовується для фільтрації контенту у соціальних мережах тощо.

- *Обробка тексту*. Оптимізація аналізу тексту через динамічну маршрутизацію залежно від довжини та складності вхідних даних. Дозволяє адаптуватися до вимог користувача та створювати різноманітний контент в реальному часі [3]. Наприклад: переклад текстів; чат-боти; виявлення намірів і емоцій користувача додатку і т. д.

- *Розподілені системи*. Динамічний перерозподіл завдань між пристроями з різними ресурсами [6]. Такий перерозподіл може допомогти в оптимізації енергоспоживання в розумних містах, управлінні енергоресурсами в мережах з урахуванням змін попиту і пропозиції. Адаптації до змінних умов, таких як погодні зміни або збої в енергосистемах.

Дослідження ДНМ може пов'язати механізми, які лежать в основі роботи глибоких моделей, із процесами мозку людини, оскільки вважається, що мозок обробляє інформацію динамічним чином. Це відкриває можливість аналізу того, які компоненти динамічної моделі активуються під час обробки вхідних даних, а також спостереження за тим, які частини вхідного сигналу відповідають за конкретні прогнози. Дослідження таких моделей може надати підказки про те, як мозок управляє багаторівневою обробкою інформації, вирішує конфлікти між сигналами та інтегрує різні типи даних [3].

Незважаючи на очевидні переваги, перед ДНМ постають значні виклики:

- *Інтерпретованість*: труднощі в поясненні рішень динамічних моделей.

- *Теорія* [3]: теоретичний аспект динамічних мереж залишається відносно мало вивченим у літературі. Важливо вирішити такі основні проблеми ДНМ як *недосконалість методів прийняття рішень у реальному часі та труднощі в узагальненні* через невідповідність розподілів даних між навчанням і тестуванням.

- *Навчання*: складність навчання моделей, що змінюють свою структуру в реальному часі.

- *Апаратні обмеження* [4]: необхідність розробки спеціалізованого обладнання для оптимізації роботи ДНМ.

Майбутній розвиток ДНМ залежить від вдосконалення алгоритмів оптимізації та створення потужніших обчислювальних платформ. Це дозволить використовувати динамічні мережі у широкому спектрі застосувань: від автономних транспортних засобів до складних медичних систем.

Динамічні нейронні мережі є одним із найперспективніших напрямів у сфері машинного навчання. Їхня здатність адаптуватися до змінюваних умов середовища робить їх важливим інструментом для вирішення завдань, що вимагають високої продуктивності та гнучкості.

#### Список використаних джерел

1. Пігарев Ю., Ложковський А., Маматова Т. Електронне урядування та електронна демократія: Ч. 15. Технології розвитку електронного урядування та електронної демократії. 2017.
2. Joshi P. Artificial Intelligence with Python. Packt Publishing. 2017.
3. Han Y., Huang G., Song S., Yang L., Wang H., Wang Y. Dynamic neural networks: a survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2022. 44(11). DOI: [10.1109/TPAMI.2021.3117837](https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3117837)
4. Huang G. Dynamic neural networks: advantages and challenges. *National Science Review*. 2024. 11(8). DOI: [10.1093/nsr/nwae088](https://doi.org/10.1093/nsr/nwae088)
5. Houlsby N. Dynamic neural networks: present and future. [Відео]. International Conference on Machine Learning. 2022. URL: <https://icml.cc/virtual/2022/19409>
6. Samikwa E., Di Maio A., Braun T. DISNET: Distributed Micro-Split Deep Learning in Heterogeneous Dynamic IoT. *IEEE Internet of Things Journal*. 2024. 11(4). DOI: [10.1109/JIOT.2023.3313514](https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3313514)

## ГЕЙМІФІКОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАЛЬНОГО ПОСІБНИКА

Голубов Г. Є., [holubovhlib.gd@gmail.com](mailto:holubovhlib.gd@gmail.com)

Пашко А. О., [aapashko@gmail.com](mailto:aapashko@gmail.com)

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Інтерактивний формат навчальних матеріалів залучає студентів до активної участі через використання відео, анімацій, ігор, тестів та інших інтерактивних елементів. Це робить навчання цікавим і підтримує підтримувати увагу. Завдяки адаптивному дизайну такі посібники можуть підходити під рівень знань і темп навчання конкретному студенту, дають можливість вибору порядку вивчення теми або повторення складних матеріалів.

Розробці інтерактивних навчальних матеріалів з різних напрямків підготовки приділяється велика увага. Процес навчання пов'язаний з ризиком неточного та не якісного засвоєння матеріалу. Так, розглядаючи навчання математиці шкільного рівня, учні можуть мати складнощі при засвоєнні матеріалу, пов'язаного з розв'язуванням рівнянь та нерівностей [1].

Важливу роль в засвоєнні навчального матеріалу відіграють навчальні посібники та робота викладачів зі студентами. Так при навчанні математиці студенти можуть мати складнощі з засвоєнням матеріалу за недостатнього графічного відображення матеріалу, що розглядається [2].

Інтерактивні засоби навчання мають позитивний вплив на якість оволодіння новими навичками на прикладі ділових ігор, веб квестів тощо під час навчання іноземним мовам [3].

Інтерактивні онлайн курси як один із видів інтерактивних навчальних посібників також сприяють покращенню засвоєння іноземної мови [4].

Бібліотеки певних вищих навчальних закладів використовують можливості інформаційних технологій для створення інтерактивних онлайн середовищ для комунікації між студентами, проведення ігрових, змагальних та навчальних заходів [5]. Для подібних заходів використовують в тому числі й гейміфіковані онлайн сервіси для навчання [6].

Враховуючи вищесказане доцільним є підготовка інтерактивних навчальних посібників. В роботі досліджуються гейміфіковані алгоритми побудови інтерактивного навчального посібника з дискретної математики в якості допоміжного засобу для практичних занять та домашньої роботи студентів. Посібник, надає студенту можливість переглянути пов'язану з завданням теорію, не відриваючись від вирішення задачі. Аналогічним чином, студент має змогу переглянути приклади задач, пов'язані з теоретичним матеріалом, що переглядається.

В посібнику передбачені засоби тестування та ігрові елементи задля покращення заохочення під час навчання та сприяння засвоєння знань.

Діджиталізація навчальних посібників є важливим кроком для покращення навчального процесу як для викладачів, так і для студентів [7]. Важливим кроком для розвитку сфери надання навчальних послуг є інтеграція цифрових технологій у навчальний процес [8].

Використання інтерактивних навчальних посібників є сучасним і ефективним підходом до навчання, який сприяє покращенню якості освіти та задоволенню індивідуальних потреб студентів.

#### Список використаних джерел

1. Bondar N. Interactive studying as a method of interpreter's foreign-language competence formation. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*. 2022. 53. P. 134-138. DOI: [10.31652/2412-1142-2019-53-134-138](https://doi.org/10.31652/2412-1142-2019-53-134-138)
2. Hbranchak T. Y. Games Technology as Innovative Tool for Forming a Library and Information Environment of Knowledge Management. *Science and innovation*. 2019. 15(2) P. 83-93. DOI: [10.15407/scine15.02.083](https://doi.org/10.15407/scine15.02.083)
3. Panjaitan M. A., Juandi D. Analysis of Problems in Learning Mathematics Based on Difficulties, Errors, and Misconceptions in the Material of Equations and Inequality Absolute Values of One Variable: Systematic Literature Review. *KnE Social Sciences*. 2024. DOI: [10.18502/kss.v9i13.15932](https://doi.org/10.18502/kss.v9i13.15932)
4. Radiamoda A. Difficulties Encountered by the Students in Learning Mathematics. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*. 2024. 4 (1). P. 63-70.
5. Skachenko O., Prokopenko L., Malshakova A. Studying the Effectiveness of Interaction Between Libraries and Students in an Interactive Online Environment in Crisis Conditions. *The International Information & Library Review*. 2024. P. 1-8. DOI: [10.1080/10572317.2024.2381185](https://doi.org/10.1080/10572317.2024.2381185)
6. Bilichenko A. et al. The effectiveness of interactive online courses for the speech competence development in non-language-major students *Eduweb*. 2024. 18(3). P. 204-222. DOI: [10.46502/issn.1856-7576/2024.18.03.16](https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2024.18.03.16)
7. Haleem P.A. et al. Understanding the Role of Digital Technologies in Education: A review. *Sustainable Operations and Computers*. 2022. DOI: [10.1016Zj.susoc.2022.05.004](https://doi.org/10.1016Zj.susoc.2022.05.004)
8. Yatsenko S. Training Of Future Teachers For The Use Of Interactive Technologies In The Conditions Of Modern Social Challenges. *Zhytomyr Ivan Franko state university journal. Pedagogical sciences*. 2024. 1(116). P. 201-215. DOI: [10.35433/pedagogy.1\(116\).2024.16](https://doi.org/10.35433/pedagogy.1(116).2024.16)

# ВИКОРИСТАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ У ОБРОБЦІ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ВІДЕО

Гриб С.О., [sofiagrib357@gmail.com](mailto:sofiagrib357@gmail.com)

Гензерська С.Я., [sgenzerska@gmail.com](mailto:sgenzerska@gmail.com)

*Київський Національний Економічний Університет імені Вадима Гетьмана*

Сучасний розквіт сфери інформаційних технологій помітно покращив обробку зображень та відео, які сьогодні є невід'ємною частиною багатьох галузей, таких як медицина, транспорт, безпека, розваги та зв'язок. Завдяки обробці зображень вдається автоматизувати процеси діагностики в медицині, покращити ефективність систем розпізнавання обличчя, реалізувати високоточне відстеження об'єктів у відеоспостереженні, а також оптимізувати стиснення та передачу мультимедійних даних. Основним фактором успішної обробки зображень і відео є використання математичних моделей, серед яких важливе місце займають випадкові процеси.

Випадкові процеси дозволяють моделювати й аналізувати природні шуми та інші випадкові фактори, які мають вплив на якість зображень і відео, а також забезпечують точне прогнозування та обробку динамічних сигналів.

У роботі розглянуто різні методи, які ґрунтуються на випадкових процесах та їх практичне застосування. Для обробки зображень були досліджені методики сегментації, шумозаглушення та відновлення на основі Марковських випадкових полів, а також Баєсові підходи до зменшення шумів. Ці методи спрямовані на підвищення якості обробки даних, зменшення впливу шумів та покращення чіткості зображень. Вони знаходять широке застосування, наприклад, у медицині, наприклад в аналізі певних зображень, МРТ або КТ, що дозволяє автоматизувати процеси діагностики та виявляти патології з високою точністю.

Сегментація зображень — процес поділу області вхідного зображення на частини, що відповідають різним об'єктам сцени. Завдання полягає у визначенні меж між регіонами шляхом аналізу низькорівневих характеристик зображення. Для моделювання використовується мультиплікаційна модель, що дозволяє



створити абстрактну версію зображення, де регіони мають постійні значення (мітки), а межі між ними формують контури. Основним підходом є побудова ймовірнісних моделей у рамках Баєсівської теорії, що дозволяє отримати найбільш ймовірну сегментацію через максимізацію апостеріорного розподілу. У складних умовах, де відсутні дані для навчання, застосовуються методи, такі як ЕМ-алгоритми та їх варіації, для оцінки параметрів та прихованих змінних.

Для обробки відео у роботі акцент зроблено на методах аналізу руху, таких як оптичний потік і фільтр Калмана. Ці підходи дозволяють відстежувати рухомі об'єкти, прогнозувати їхнє положення в майбутньому та зменшувати вплив шумів на результати аналізу. Оптичний потік широко використовується у навігації дронів, системах відстеження руху, виявленні аномалій, аналізі тривимірної структури сцени. Інтеграція методів машинного навчання дозволяє комбінувати оптичний потік із глибокими моделями для прогнозування та покращення точності обробки відеоданих. Використання алгоритмів оптичного руху є необхідним для задач у системах безпеки, де потрібно виявляти аномалії у поведінці об'єктів, а також у транспортній галузі, де ці методи забезпечують роботу автопілотів і систем допомоги водієві. Застосування компресії відео на основі просторово-часових залежностей дозволяє значно зменшити обсяг даних без істотної втрати якості, що критично для роботи із великими відеопотоками.

Окрему увагу приділено аналізу програмного забезпечення, яке реалізує описані методи. У роботі наводяться приклади таких популярних інструментів, як Adobe Premiere Pro, DaVinci Resolve, MATLAB, OpenCV, що інтегрують алгоритми обробки зображень та відео для практичного застосування. Таке програмне забезпечення широко використовується в різних сферах, починаючи з професійної обробки відео у кінематографі та закінчуючи задачами реального часу, як-от моніторинг безпеки чи створення навчальних симуляцій.

Використання випадкових процесів посилюється здатністю зменшувати шум, підвищувати точність прогнозування та забезпечувати автоматизацію аналізу. У медицині це допомагає виявляти найменші аномалії у зображеннях і відео, в автомобільній галузі — прогнозувати рух транспортних засобів і

пішоходів, у безпеці — забезпечувати надійне виявлення загроз або підозрілих ситуацій у відеопотоках. У кіноіндустрії випадкові процеси сприяють створенню реалістичних візуальних ефектів і стабілізації відео, а в освітній сфері — моделюванню випадкових природних явищ у навчальних матеріалах.

Перспективи розвитку в цій сфері пов'язані з інтеграцією сучасних підходів машинного навчання, зокрема нейронних мереж, для автоматичного виявлення аномалій, аналізу руху та підвищення якості зображень і відео. Поєднання методів із алгоритмами, заснованими на випадкових процесах, дозволяє створювати більш точні та швидкі системи обробки даних, що знаходять застосування у безпілотному транспорті, робототехніці, автоматизованих системах спостереження та аналізу поведінки в реальному часі.

#### Список використаних джерел

1. Algorhythmstudio. URL: <https://algorhythmstudio.com/>
2. Reporter. URL: <https://reporter.zp.ua/>
3. Creativosonline. URL: <https://uk.creativosonline.org/>
4. Kafedra. URL: <https://kafedra.com.ua/krashhi-programy-dlya-obrobky-video-oglyad-ta-vidguky/>
5. Dobruschin P. L. The description of a random field by means of conditional probabilities and constructions of its regularity. *Theory of Probability and its Applications*. 1968. XIII(2). P. 197-224
6. Derin H., Won C. S. A parallel segmentation algorithm using relaxation with varying neighborhoods and its mapping to array procesors. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*. 1987. 40, P. 54-78.
7. Kataoka S., Yasuda M. Bayesian Image Denoising with Multiple Noisy Images. Published online: 16 July 2019.

## ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ЯК ІСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІ АКАДЕМІЧНИХ УСТАНОВ

Гужва В., [volodymyr.huzhva@kneu.ua](mailto:volodymyr.huzhva@kneu.ua),

*Київський національний економічний університет*

**Вступ.** Цифрова трансформація є ключовим процесом, який змінює традиційні підходи до управління, навчання та наукових досліджень в академічних установах. Вона сприяє інтеграції сучасних технологій у всі аспекти діяльності навчальних закладів, дозволяючи підвищити їхню ефективність, конкурентоспроможність та здатність адаптуватися до нових викликів. До переліку основних задач, що можуть бути вирішені за допомогою цифрової трансформації в академічних установах, слід віднести:

- 1) оптимізацію управління та адміністрування;*
- 2) підвищення якості освіти;*
- 3) покращення науково-дослідницької діяльності;*
- 4) забезпечення гнучкості і адаптивності в умовах змін;*
- 5) ефективне управління ресурсами;*
- 6) підвищення конкурентоспроможності академічних установ.*

Таким чином, цифрова трансформація є фундаментально важливою для підвищення ефективності роботи академічних установ, сприяє їхньому розвитку та інтеграції у світовий освітній і науковий простір.

**Роль Інтернету речей у сучасній цифровій трансформації академічних установ.**

Інтернет речей (Internet of Things - IoT) є однією з ключових технологій, що стимулює цифрову трансформацію в багатьох секторах, включаючи академічні установи. Його інтеграція дозволяє об'єднувати фізичні об'єкти з цифровими системами через мережу, створюючи інтелектуальні екосистеми, що оптимізують роботу установ.

До переліку основних функцій IoT у сучасній цифровій трансформації академічних установ слід віднести [1 - 2]:

1) *Збір, аналіз і використання даних у реальному часі:* а) IoT дозволяє з'єднувати різні пристрої, сенсори та системи для безперервного збору великих обсягів даних. Ці дані можуть аналізуватися у режимі реального часу, що дає можливість швидко реагувати на зміни, покращувати прийняття рішень та оптимізувати ресурси; б) в академічних установах такі технології можуть використовуватися для моніторингу інфраструктури, управління енергоспоживанням, аналізу відвідуваності студентів та автоматизації навчальних процесів;

2) *Автоматизація процесів і управління:* а) завдяки IoT можна автоматизувати низку процесів у навчальних закладах, що знижує потребу в людському втручанні та мінімізує ймовірність помилок. Наприклад, інтелектуальні системи можуть автоматично налаштовувати освітлення та опалення залежно від часу доби чи присутності людей у приміщеннях; б) в академічних лабораторіях IoT-системи можуть керувати обладнанням, здійснювати моніторинг експериментів, збирання та обробку результатів у режимі реального часу;

3) *Розумні кампуси та інтегровані системи:* а) розумний кампус — це один із найбільш наочних прикладів використання IoT в цифровій трансформації академічних установ. Сенсори IoT можуть інтегруватися в системи енергоменеджменту, безпеки, відеоспостереження, керування аудиторіями, що робить кампуси більш енергоефективними та безпечними; б) інтегровані системи IoT дозволяють забезпечити зручний доступ до будівель і приміщень через біометричні або безконтактні технології, створювати персоналізовані простори для студентів та викладачів;

4) *Підвищення ефективності управління ресурсами:* а) IoT-системи можуть автоматично контролювати споживання енергії, води та інших ресурсів. Вони допомагають знизити експлуатаційні витрати, оптимізувати використання природних ресурсів і забезпечити екологічну стійкість. Наприклад, розумні системи освітлення можуть вмикатися тільки тоді, коли в приміщенні є люди, або системи поливу можуть працювати на основі погодних умов; б) крім того,

IoT може моніторити стан технічного обладнання, завчасно попереджати про необхідність обслуговування або ремонту, запобігаючи поломкам та скорочуючи витрати на ремонт;

5) *Персоналізація навчального процесу:* а) IoT сприяє створенню індивідуалізованих навчальних середовищ для студентів. Наприклад, розумні пристрої можуть аналізувати поведінку студентів і надавати їм персоналізовані навчальні матеріали та рекомендації на основі їх успішності, потреб і навчальних інтересів; б) сенсори можуть відстежувати, як студенти взаємодіють з навчальними матеріалами, створюючи можливості для глибшого аналізу процесу навчання і виявлення областей, де потрібна додаткова підтримка;

6) *Підтримка дистанційного навчання та роботи:* а) IoT-технології можуть допомагати дистанційним навчальним системам, надаючи доступ до лабораторного обладнання або дослідницьких установок через інтернет. Це дозволяє студентам і науковцям взаємодіяти з обладнанням і проводити експерименти навіть на відстані; б) також IoT може використовуватися для підтримки інтерактивного навчання, наприклад, через пристрої доповненої реальності (AR) або віртуальної реальності (VR), що дозволяє студентам взаємодіяти з навчальним матеріалом у нових формах;

7) *Безпека і конфіденційність:* а) IoT-системи можуть значно покращити безпеку академічних установ. Наприклад, системи відеоспостереження, управління доступом і оповіщення можуть працювати у режимі реального часу, забезпечуючи негайну реакцію на потенційні загрози або надзвичайні ситуації. Однак, впровадження IoT підвищує важливість захисту даних та конфіденційності. Через велику кількість підключених пристроїв, академічні установи мають забезпечити високий рівень кібербезпеки для захисту своїх мереж і даних;

8) *Підвищення ефективності дослідницьких процесів:* а) в наукових дослідженнях IoT може використовуватися для автоматизації збору даних та їхнього аналізу. Наприклад, у біомедичних дослідженнях IoT-пристрої можуть збирати дані про стан здоров'я учасників експериментів, що дозволяє отримати

точніші та оперативніші результати; б) IoT також сприяє підвищенню ефективності експериментів у фізичних науках або інженерії, дозволяючи дистанційно керувати експериментальним обладнанням та проводити моніторинг у реальному часі.

**Приклади використання IoT в академічних установах.** Прикладами успішних кейсів застосування IoT в академічних установах можуть слугувати:

а) *Університет Карнегі-Меллон (США)* – реалізація проекту "Smart Classrooms Initiative", який включає впровадження IoT-технологій для створення інтелектуальних класів [3];

б) *Массачусетський технологічний інститут (MIT) (США)* – реалізація проекту моніторингу та оптимізації енергоспоживання на кампусі MIT, який включає використання IoT для збору та аналізу даних про споживання електроенергії та води [4];

в) *Оксфордський університет (Велика Британія)* - реалізація проекту "Smart Campus" в Оксфордському університеті, який включає використання IoT для оптимізації енергоспоживання та управління інфраструктурою кампусу [5];

г) *Технологічний університет Дрездена (Німеччина)* – реалізація проекту створення систем відеоспостереження та контролю доступу в Технологічному університеті Дрездена, який включає використання IoT для підвищення рівня безпеки на кампусі [6];

д) *Університет Токіо (Японія)* – реалізація проекту моніторингу та оптимізації енергоспоживання на кампусі Університету Токіо, який включає використання IoT для збору та аналізу даних про споживання електроенергії та води [7];

ж) *Національний університет Сінгапуру (Сінгапур)* – реалізація проекту використання IoT в інноваційних проектах Національного університету Сінгапуру, який включає розробку нових технологій, прототипування, тестування та впровадження [8].

**Висновки.** Інтернет речей відіграє одну із центральних ролей у цифровій трансформації академічних установ, забезпечуючи підключення фізичних

об'єктів до мережі та створюючи інтелектуальні системи, що автоматизують управління, підвищують ефективність освітнього процесу та сприяють науково-дослідницькій діяльності. Завдяки IoT навчальні заклади можуть стати більш ефективними, адаптивними та інноваційними, сприяючи глобальним тенденціям розвитку освіти та науки.

#### Список використаних джерел

1. Kapoor A. Top 6 Ways IoT is Transforming Education. URL: <https://www.iotforall.com/top-6-ways-iot-is-transforming-education>
2. Meylani R. Transforming education with the internet of things: A journey into smarter learning environments. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*. 2024. 10(1). P. 161-178. DOI: [10.46328/ijres.3362](https://doi.org/10.46328/ijres.3362)
3. Smith J. Transforming Education with IoT: The Carnegie Mellon Experience. *Journal of Educational Technology*. 2019. 12(3). 45-58.
4. Lee S. Sustainable Campus through IoT: The MIT Experience. *Journal of Sustainable Development*. 2019. 13(1). P. 23-36.
5. Green P. Energy Optimization through IoT: The Oxford University Experience. *Energy Management Journal*. 2020. 12(3). P.45-58.
6. Schmidt R. Enhancing Campus Security with IoT: The TU Dresden Experience. *Security Journal*. 2017. 11(3). P. 45-58.
7. Nakamura, S. Sustainable Campus through IoT: The University of Tokyo Experience. *Journal of Sustainable Development*. 2019. 14(1). P. 23-36.
8. Lee K. IoT in Innovation Projects: The NUS Experience. *Innovation Journal*. 2018. 12(3). P. 78-91.

## СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ ПІДТРИМКИ ІННОВАЦІЙ

Денісова О.О., [denisova@kneu.edu.ua](mailto:denisova@kneu.edu.ua)

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

Цифрові платформи відіграють ключову роль у сучасній економіці, оскільки радикально трансформують традиційні ринки і відкривають нові можливості для бізнесу, комунікації та взаємодії на глобальному рівні. Ці платформи створюють інфраструктуру і правила для широкого спектру учасників, включаючи звичайних споживачів та підприємства, полегшуючи їм процес взаємодії та пошуку одне одного. Важливою особливістю цифрових платформ є залежність успішності їхніх бізнес-моделей від кількості користувачів та транзакцій, яка посилюється за рахунок мережових ефектів: чим більше користувачів приєднується до платформи, тим більш цінною вона стає для інших, спонукаючи до подальшого зростання кількості учасників і транзакцій. Маркетплейси, такі як Amazon та Airbnb, виграють від збільшення своєї користувацької бази, оскільки це забезпечує ширший вибір продуктів та послуг, зростаючи ефективність та привабливість платформи. Розвиток платформи не тільки спричиняє збільшення доходів через комісії та рекламу, але й генерує великі обсяги даних, які можна аналізувати для оптимізації послуг та персоналізації пропозицій, підвищуючи задоволеність та активність користувачів.

Для підтримання успішності і зростання, цифрові платформи мають розробляти стратегії масштабування, які включають оптимізацію операційних процесів та розширення на нові ринки, щоб забезпечити сталий розвиток та конкурентну перевагу. Ці стратегії мають враховувати особливості типів платформ, оскільки кордони транзакційних та інструментальних (інноваційних) цифрових платформ формуються різними способами [1, 2]. На відміну від транзакційних, інноваційні платформи створюють цінність для своїх користувачів, слугуючи технологічною основою, на якій партнери (як бізнеси, так і приватні особи) можуть розробляти нові продукти та послуги, що доповнюють основну платформу. Прикладами є Microsoft Windows, Google



Android, Apple iOS та Amazon Web Services. Додатки, розроблені третіми сторонами, не тільки збільшують функціональність, але й надають доступ до нових активів, що постійно підвищує цінність платформи. Це сприяє зростанню загальної корисності доповнень і веде до посилення мережових ефектів.

Спільними ключовими етапами стратегії залучення клієнтів для всіх цифрових платформ є визначення цільової аудиторії та її потреб, формування унікальної торгової пропозиції, а також активне просування платформи. Це включає оптимізацію для пошукових систем (SEO), контент-маркетинг, використання соціальних медіа, рекламні кампанії, акційні та промоційні кампанії, а також партнерські програми. Особливістю інноваційних цифрових платформ є необхідність залучення не лише клієнтів, а й розробників додатків. Тому їм пропонують скористатися відкритими інтерфейсами. На початковій стадії запуску платформи автори часто пропонують набір власних привабливих додатків, щоб залучити користувачів, що, у свою чергу, сприяє залученню сторонніх розробників.

Прикладна цифрова платформа підтримки інновацій може підвищити ефективність свої стратегії розвитку за рахунок комбінації характеристик транзакційних та інструментальних платформ. Її основною відмінністю є різноманітність користувачів – учасників інноваційних процесів, серед яких можуть бути дослідницькі та освітні установи, технологічні компанії, органи державної влади, інвестори, бізнеси з різних секторів економіки, сервісні та консалтингові агентства, кінцеві користувачі. Тому основною метою розвитку цифрової платформи має бути створення цифрової екосистеми, в якій окремі особи, організаційні структури та інформаційні системи, що використовують технології для організації взаємодій на фізичному рівні (шар пристроїв), інформаційному (шар даних), функціональному (шар додатків) та концептуальному (шар ідей та інтелекту), можуть ефективно співпрацювати. Така екосистема повинна також забезпечувати безперервний обмін інформацією та ресурсами між цими різними шарами, що сприятиме високому рівню

інтеграції та автоматизації процесів. За реалізацією сервісів посередництва з налагодження зв'язків, такі платформи схожі на транзакційні.

Додатковим фактором залучення учасників на платформу на початковому етапі може бути функціонал, зорієнтований на потреби окремих категорій учасників. Зокрема, платформа може стати простором для співпраці команд інноваторів, незалежно від їхнього фізичного розташування. Цифрова лабораторія може об'єднати ресурси, аналітичні інструменти та колаборативні можливості для стимулювання розвитку та впровадження інновацій. Прикладом є "Google AI for Developers" [3], що пропонує розробникам потужні інструменти та ресурси для інтеграції штучного інтелекту та машинного навчання у їхні додатки: Google Cloud AI Platform, Google Colab, Google AutoML, TensorFlow, Dialogflow тощо. Цифровий акселератор інновацій "Innovation Ukraine" [4], розроблений командою Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, пропонує скористатися можливостями підсистеми штучного інтелекту "AI Pitch Coach", призначеної для допомоги інноваторам у підготовці та вдосконаленні презентацій їхніх проєктів та формуванні пітчів для інвесторів, партнерів або інших зацікавлених сторін на основі персоналізованих порад та практичних рекомендацій.

Ширший підхід реалізовано у Digital Innovation Lab (iLab) [5], що є частиною ініціативи Європейської Комісії і має на меті стимулювати інноваційний розвиток в ЄС за допомогою цифрових технологій. iLab працює як платформа, що сприяє колаборації між дослідниками, технологічними компаніями, стартапами та публічними організаціями. Серед можливостей, доступних учасникам, є навчальні програми, доступ до різноманітних фінансових ресурсів Європейської Комісії, доступ до високотехнологічних лабораторій та обладнання, яке надає змогу розробляти та тестувати нові технології у контрольованих умовах, підтримка патентування та комерціалізації. Для державних службовців, які займаються ініціативами, пов'язаними з даними, iLab пропонує набір практичних інструментів "Digital Innovation Toolkit", спрямований на підвищення ефективності управління такими ініціативами. Він

включає, зокрема, репозиторій освітніх матеріалів та ресурсів про новітні підходи до інновацій у сфері даних, зібраних від державного сектору, академічних установ, НУО та аналітичних центрів.

Цифрові платформи мають величезний потенціал для трансформації економіки та суспільства, відкриваючи нові горизонти для взаємодії, інновацій і сталого зростання. Їхній успіх визначається здатністю залучати широкий спектр користувачів, ефективно інтегрувати сучасні технології та створювати інклюзивні цифрові екосистеми, які відповідають потребам усіх учасників.

#### Список використаних джерел

1. Gawer A. Digital platforms' boundaries: The interplay of firm scope, platform sides, and digital interfaces. In: *Long Range Planning*. 54(5). 2021. DOI: [10.1016/j.lrp.2020.102045](https://doi.org/10.1016/j.lrp.2020.102045)
2. Денісова О. О., Сендзюк М. А. Інформаційні системи в економіці. Київ : КНЕУ. 2023. 311 с.
3. Google AI for Developers. URL: <https://ai.google.dev/>
4. Innovation Ukraine. URL: <https://www.innovationukraine.com/about-us/>
5. The Digital Innovation Lab (iLab). URL: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/european-commission-digital-innovation-framework/solution/digital-innovation-lab-ilab>

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В ЛІСАХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ВІДКРИТИХ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ

Денков І.Д., [havoc85@gmail.com](mailto:havoc85@gmail.com)

*Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України*

Лісові пожежі є проблемою, яка стає дедалі актуальнішою. Це пов'язане як з їхньою шкодою екології, людському життю і народному господарству, так і з більшою поширеністю у просторі (пожежі виникають у місцях, де їх раніше не було, зокрема сезонні пожежі зміщуються у більш високі широти) та часі (сезонні пожежі тривають довше). В Україні це підсилюється ризиком виникнення пожеж через військові дії. Оскільки конструктивніше запобігати лісовим пожежам, мінімізувати ареал їхнього поширення і, відповідно, наслідки, ніж боротися з пожежами, що вже виникли, нагальною є потреба у їх прогнозуванні а отже і відстеженні ризиків виникнення у відповідних регіонах.

Параметри, які вказують на потенційну пожежну небезпеку (наприклад, сухість рослинності, рельєф, погодні умови, особливості даного типу лісового масиву), можна відстежувати шляхом наземного або авіаційного патрулювання, але ці способи не є оперативними і в змозі охопити лише обмежену частку територій, а в Україні є ще й небезпечними внаслідок можливого мінування і обстрілів прикордонних територій. Таким чином доречним є використання супутникових даних для збору даних про регіони, де можливі пожежі. Перевагою дистанційного зондування Землі є не тільки більше охоплення площі і оперативність, а й більший спектр даних, які можна отримати (стан атмосфери, можливі зміни погодних умов тощо) і вільний доступ до них.

Дослідження в даному напрямку вже проводились. Так, наприклад, досліджували вплив сонячної активності, її зв'язок з даними метеостанцій, які пов'язані з пожежною небезпекою (температура та вологість повітря) [1]. Також було розглянуто вплив кліматичних і біофізичних факторів вже безпосередньо на ймовірність виникнення пожежі – за допомогою згорткових мереж [2] та методів опорних векторів, випадкового лісу, k найближчих сусідів [3]. Інша група науковців порівнювала ефективність багат шарових персептронів і

згорткових нейромереж у виконанні даної задачі [4]. В подальшому, зосередившись на останніх, дослідники побудували прогноз по площах, що можуть потенційно вигоріти до кінця ХХІ століття [5]. Результати вказують на можливе збільшення цих площ в 3-4 рази.

Метою даного дослідження була побудова математичної моделі визначення ризику пожежі для лісів України і лісів подібної кліматичної зони на основі кліматичних і біофізичних супутникових даних. Кожен окремий вхідний параметр моделі може сам по собі не бути вагомим фактором пожежної небезпеки, але в сукупності вони можуть справляти суттєвий вплив. В ролі інструмента використано зокрема Google Earth Engine – хмарну платформу, яка містить динамічні колекції попередньо оброблених результатів зондування Землі. Перевагами є як оперативність доступу до актуальних даних, так і їх відкритість і попередня обробка, а отже зручність роботи з ними.

На початку досліду було зібрано супутникову інформацію по пожежних точках в лісах України (тобто Полісся та Карпати) протягом 2017-2020 років. Під пожежними точками маються на увазі координати ймовірних осередків займання пожежі. Їм у відповідність була поставлена аналогічна кількість точок, де не відбувалася пожежа. Разом отримали 3278 точок. Далі збирали супутникові дані по показниках, які теоретично могли впливати на пожежну безпеку (фотосинтетично активна радіація, кількість непарного кисню в атмосферному стовпі, опади, поглинання кисню, хлорофілу, валова первинна продукція, сумарне випаровування тощо). Для кожного параметру побудували часовий ряд довжиною в тиждень. Для тих параметрів, які вимірювались раз на тиждень, брали одне значення. Ті, що вимірювались багаторазово протягом доби, додавались або усереднювались (залежно від параметру). Для параметрів, де це можливо, обрахували перші та другі похідні. Після цього обчислили кореляцію кожного параметру та його похідних з показниками пожежі/не пожежі в точках (пожежу позначили як 1, а її відсутність – як -1). Відкинули ті параметри, де кореляція була меншою за 0,2. Залишилось 15 параметрів.

Таким чином отримали вибірку з 3278 векторів у 15-вимірному просторі. Отримані дані ортогоналізували, щоб зробити їх взаємно незалежними. Приведення базису до ортогонального робили двома способами, лінійним (РСА) та нелінійним (UMAP), а потім, в кожному випадку, приводили вихідні вектори до нового базису. Відповідно робота далі виконувалася окремо для кожного варіанту (базис на основі РСА та на основі UMAP), але ідентичним чином. Діапазон значень кожного з отриманих 15 атрибутів було розділено на 8 рівноймовірних інтервалів, для кожного з яких обрахували умовну ймовірність пожежі. Далі для кожного вектора покоординатно обрахували відношення ймовірності пожежі до ймовірності її відсутності і перемножили отримані результати. Якщо отриманий результат був більший за 1, вважали, що модель прогнозує пожежну небезпеку, в оберненому випадку – її відсутність.

Результати роботи моделі, матриці невідповідності, можна побачити нижче.

| РСА       | Пожежа | Не пожежа |  | UMAP      | Пожежа | Не пожежа |
|-----------|--------|-----------|--|-----------|--------|-----------|
| Пожежа    | 94%    | 23%       |  | Пожежа    | 82%    | 24%       |
| Не пожежа | 6%     | 77%       |  | Не пожежа | 18%    | 76%       |

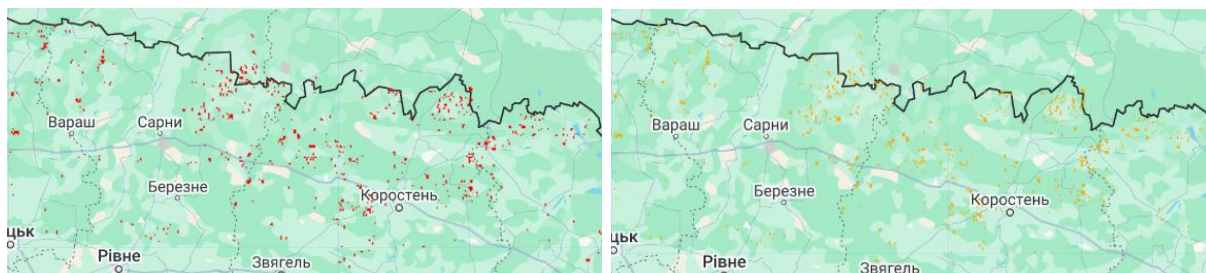
Роботу отриманої моделі вирішили перевірити на лісах такої самої кліматичної зони протягом того самого періоду (2017 – 2020). Для цього обрали Польщу. Отримана вибірка була суттєво меншою (314 точок) і результати значно гіршими. Зокрема РСА показала погані результати для не пожежних точок (менше 50%), тож для лісів Польщі наведено лише матрицю для UMAP.

| UMAP      | Пожежа | Не пожежа |
|-----------|--------|-----------|
| Пожежа    | 69%    | 45%       |
| Не пожежа | 31%    | 55%       |

Погіршення результатів може бути пов'язане як з недосконалістю моделі, так і з малим розміром підбірки. Також впливати можуть більш суворе законодавство і вжиття запобіжних заходів заздалегідь.

За підсумками роботи з лісами України створено веб-застосунок, який відображає на мапі актуальні пожежі і прогнозовані моделлю (в двох варіантах,

РСА та UMAP) протягом розглянутого періоду (2017 – 2020). На рисунках нижче зображено приклади презентації інформації для актуальних пожеж (червоним) та для РСА (помаранчевим) в одному регіоні.



Таким чином для лісів України модель продемонструвала досить якісні результати при тому, що ще не було застосовано методи машинного навчання. Модель потребує подальшого вдосконалення і перевірки в інших умовах, але є життєздатною і потенційно може бути поширеною на інші регіони.

#### Список використаних джерел

1. Vyklyuk Y., Radovanović M.M., Stanojević G., etc. Connection of Solar Activities and Forest Fires in 2018: Events in the USA (California), Portugal and Greece. *Sustainability*. 2020. 12(24). P. 10261. DOI: [10.3390/su122410261](https://doi.org/10.3390/su122410261)
2. Santopaolo A., Saif S.S., Pietrabissa A., Giuseppi A. Forest Fire Risk Prediction from Satellite Data with Convolutional Neural Networks. *29th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)* (22-25 June 2021). DOI: [10.1109/MED51440.2021.9480226](https://doi.org/10.1109/MED51440.2021.9480226)
3. Mohammed Z., Hanae S., Setti L. Comparative study on machine learning algorithms for early fire forest detection system using geodata. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 2020. 10(5). P. 5507-5513. DOI: [10.11591/ijece.v10i5.pp5507-5513](https://doi.org/10.11591/ijece.v10i5.pp5507-5513)
4. Zhang G., Wang M., Liu K. Deep neural networks for global wildfire susceptibility modeling. *Ecological Indicators*. 2021. 127. 107735. DOI: [10.1016/j.ecolind.2021.107735](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107735)
5. Zhang G., Wang M., Yang B., Liu K. Current and Future Patterns of Global Wildfire Based on Deep Neural Networks. *Earth's Future*. 2024. 12(2). e2023EF004088. DOI: [10.1029/2023EF004088](https://doi.org/10.1029/2023EF004088)

## ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФЕЙКОВОГО КОНТЕНТУ В ЦИФРОВИХ МЕДІА

Дербенцев В., [derbv@knei.edu.ua](mailto:derbv@knei.edu.ua)

Матвійчук А., [matviychuk@kneu.edu.ua](mailto:matviychuk@kneu.edu.ua)

Безкоровайний В., [retal.vs@kneu.edu.ua](mailto:retal.vs@kneu.edu.ua)

Кмітюк Т., [kmytiuk.tetiana@kneu.edu.ua](mailto:kmytiuk.tetiana@kneu.edu.ua)

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

**Актуальність теми.** Швидке зростання обсягу інформації в цифрових медіа сприяло не лише розвитку комунікацій, але й створило нові виклики, серед яких одним із найсерйозніших є поширення фейкового контенту. Фейкові новини, дезінформація та маніпулятивний контент негативно впливають на громадську думку, сприяють ескалації соціальної напруженості та викликають недовіру до офіційних джерел інформації. Особливо небезпечним це явище стає в умовах глобальних криз, таких як пандемії, військові конфлікти чи політичні вибори, коли фейкові новини можуть маніпулювати суспільною думкою та спотворювати сприйняття реальності.

Традиційні методи перевірки фактів, що базуються на ручному аналізі, виявилися недостатньо ефективними через обмеженість ресурсів і значну затримку в обробці даних. Водночас, автоматизовані методи класифікації текстів зазнають труднощів у розпізнаванні контекстуальних нюансів і стилістичних особливостей, характерних для фейкового контенту. Це зумовило необхідність розробки нових підходів до автоматизованого виявлення фейкових новин із використанням сучасних інструментів штучного інтелекту, таких як великі мовні моделі (Large Language Models, LLMs).

Зокрема, LLMs типу BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) демонструють високий потенціал у задачах класифікації текстів, оскільки здатні враховувати контекст і семантичні залежності між словами. В умовах інформаційної війни, зокрема, у випадку російської гібридної агресії проти України, застосування таких моделей стає надзвичайно актуальним, адже



фейковий контент використовується як інструмент дезінформації та маніпуляції громадською думкою.

**Мета дослідження** полягає у розробці системи моделей ідентифікації фейкових новин на основі великих мовних моделей шляхом їх донавчання на спеціалізованих наборах даних.

**Методологія дослідження.** Дослідження передбачає використання попередньо навчених моделей архітектури BERT та її модифікацій (RoBERTa, DistilBERT, XLM-RoBERTa) для задач класифікації текстів. Попереднє навчання цих моделей на великих корпусах текстів дозволяє ефективно адаптувати їх до конкретного завдання шляхом донавчання на спеціалізованих датасетах.

Процес підготовки даних включав мінімальну попередню обробку текстів, що дозволило зберегти їхню природну структуру й стилістичні особливості. Використовувалися два набори даних: **WELLFake**, який містить понад 70 000 текстів із середньою довжиною 540 слів, та **PolitiFact**, що налічує близько 1 200 записів із середньою довжиною 15 слів. Така диверсифікація наборів даних дозволила оцінити ефективність моделей в умовах різної складності й обсягу текстів.

Для донавчання моделей використовувалися хмарні обчислювальні ресурси Google Colab з доступом до NVIDIA GPU. Методика включала заморожування всіх шарів моделей, крім останніх двох енкодерів і класифікаційного шару (рис. 1).

Для оцінки продуктивності застосовувалися метрики точності (Accuracy) та F1-міри, а також аналіз матриць невідповідностей (Confusion Matrix) для визначення типів помилок моделей.

**Основні результати.** RoBERTa продемонструвала найкращі результати на наборі WELLFake, досягнувши точності 99,8% і F1-міри 99,4% (табл. 1). Це свідчить про її здатність захоплювати нюанси мови фейкових новин, забезпечуючи високу точність прогнозів. Швидкий час навчання (2025 секунд) робить її ефективним вибором для реальних застосувань, де важливі як точність, так і швидкість. XLM-RoBERTa показала подібну продуктивність із точністю

99,4%, але потребувала трохи більше часу на навчання (2048 секунд), що може бути важливим у випадках обмежених обчислювальних ресурсів.

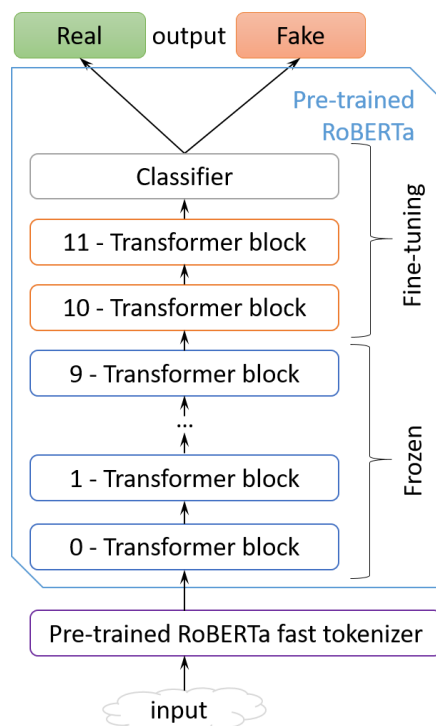


Рис. 1. Схема тонкого налаштування (*fine-tuning*) моделі RoBERTa (розроблено авторами).

На наборі PolitiFact найкращою виявилася DistilBERT, яка досягла точності 91,7% і F1-міри 93,1%. (табл. 2). Її компактна архітектура і зменшена кількість параметрів роблять її легкою для адаптації, особливо за обмежених ресурсів. Водночас, базова модель BERT показала трохи нижчі результати (точність 90,1%), але залишилася ефективною для класифікації фейкових новин, хоч і з більш тривалим часом навчання.

Таблиця 1

**Точність класифікації для набору даних *WELLFake***

| Model        | Number of trainable parameters | Training time, sec | Accuracy     | F1-score     |
|--------------|--------------------------------|--------------------|--------------|--------------|
| BERT ucased  | 7,088,641                      | 4733               | 0.985        | 0.985        |
| RoBERTa      | 7,679,233                      | <b>2025</b>        | <b>0.998</b> | <b>0.994</b> |
| DistilBERT   | 7,680,002                      | 4410               | 0.985        | 0.985        |
| XLNetRoBERTa | 7,680,002                      | 2048               | 0.994        | 0.991        |

Таблиця 2

**Точність класифікації для набору даних *Politifact***

| Model        | Number of trainable parameters | Training time, sec | Accuracy     | F1-score     |
|--------------|--------------------------------|--------------------|--------------|--------------|
| BERT uncased | 7,088,641                      | 12.6               | 0.901        | 0.912        |
| RoBERTa      | 7,679,233                      | 12.2               | 0.891        | 0.891        |
| DistilBERT   | 7,680,002                      | <b>9.8</b>         | <b>0.917</b> | <b>0.931</b> |
| XLNet        | 7,680,002                      | 11.1               | 0.872        | 0.883        |

**Висновки.** У дослідженні запропоновано підхід до адаптації великих мовних моделей для виявлення фейкових новин із мінімальним попереднім обробленням текстів. Це дозволило зберегти контекстуальні особливості та суттєво покращити точність класифікації.

Результати дослідження підтвердили ефективність моделей RoBERTa та DistilBERT у задачах виявлення фейкового контенту.

Розроблені моделі можуть бути інтегровані в системи автоматизованого моніторингу контенту, інформаційні платформи та медіаресурси для забезпечення оперативного виявлення дезінформації.

## RANDOM POINT MEASURES AND BOND TRADING FORECAST

**Dorogovtsev D. A.,** [dorogovtsev.dmitriy@gmail.com](mailto:dorogovtsev.dmitriy@gmail.com)

*V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, Academician Glushkov*

**Kustarova K. M.,** [katekustareva@gmail.com](mailto:katekustareva@gmail.com)

*Institute of Mathematics of NAS of Ukraine*

In this talk, a new model for bond trading forecast is proposed. In our model, each trading event is represented by a point on a plane with coordinates `bbgSpread` and `tenor`. These points occur randomly every day. We divide the plane into small squares such that no more than one point can appear in each square. The main assumption in our model is the hypothesis that the appearance or absence of a point in a square on the next day depends on the number of occupied neighboring points. The corresponding conditional probabilities are assumed to be quadratic polynomials from the number of occupied neighbors at various distances. The coefficients are obtained using the least squares method. Our model allows for the prediction of a set of trading events for bonds issued by a single company or a sector of companies. We compare our approach with the commonly used models based on modified Nelson-Siegel [1] or Svensson [2] curves. It turns out that when applied to real data from Bloomberg for companies like Goldman Sachs or AbbVie Inc., our method predicts the mentioned curves with very high precision.

### References

1. Nelson Ch. R., Siegel A.F. A parsimonious modeling of yield curves. In: *Journal of Business*. 60(4). 1987. P. 473–489.
2. Svensson L. E. O. Estimating and interpreting forward interest rates: Sweden 1992-1994. In: *National Bureau of Economic Research Working Paper 4871*. 1994. P. 1–42.

## ЗБЕРЕЖЕННЯ СИСТЕМ (ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ) В УМОВАХ СИЛЬНИХ ЗБУРЕНЬ

Дубко В.О., [doobko2017@ukr.net](mailto:doobko2017@ukr.net)

*Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна» (Київ)*

У теорії управління важливим є напрям, пов'язаний з з'ясуванням можливості забезпечення існування функціоналів, що зберігаються (життєво важливі показники) від частини динамічних змінних, що які характеризують стан системи, їх нечутливості до збурень. У роботі [2] було введено поняття першого інтеграла системи СДУ Іто, як невинуваткової скалярної функції, стохастичний повний диференціал від якої дорівнює нулю. Ми досліджували це питання на прикладі теорії перших інтегралів системи стохастичних диференціальних рівнянь Іто з вінерівськими та пуассонівськими збуреннями [6]. Наявність першого інтеграла означає, що з ймовірністю 1 будь-яка траєкторія розв'язку стохастичного рівняння залишається на деякому початковому многовиді. Уточнення та можливі розширення поняття першого інтегралу для стохастичних систем були наведені в роботі [5,4]

Одним з напрямків теорії є побудова класу СДУ по заданому набору перших інтегралів. Задача про будову класу СДУ, для якого існує перший заданий наперед перший інтеграл, належить до зворотної, оскільки прямі завдання пов'язують із пошуком для заданих рівнянь перших інтегралів. У [3] доведено, що клас таких СДУ існує і є наслідком теорем про перші інтеграли рівнянь Іто наведених у [2], [3]. З погляду задач управління, це питання про доповнення початкової системи до нової, шляхом включення додаткових коефіцієнтів у рівняння, які забезпечать збереження наперед заданих функціоналів.

### Список використаних джерел

1. Гіхман І.І., Скорохід А.В. Стохастичні диференціальні рівняння та їх застосування. Київ: Наук. думка.1982. 612 с.
2. Дубко В.А. Перший інтеграл системи стохастичних рівнянь. Київ: Ін-т математики АН УРСР. 1978. 22 с.
3. Дубко В.А. Питання теорії та застосування стохастичних диференціальних рівнянь. 1989. 185 с.
4. Дубко В.А., Рянський Ф.М., Сороко Е.М., Шалпо В.М., Юшманов В.В. У пошуках прихованого порядку.1995. 118 с.
5. Дубко В.А. Інтегральні інваріанти рівнянь Іто та їх зв'язок з деякими завданнями теорії випадкових процесів. *Доп. НАН України*. 2002. № 1. С. 24-29.
6. Проблема інваріантності та алгоритм побудови множини автоморфних перетворень для заданої функції. *Відкриті еволюційні системи* Т. II, К. : ВНЗ ВМУРЛ. 2004. 127 с.

## **MLOPS АРХІТЕКТУРА СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ, ЩО САМОНАВЧАЮТЬСЯ**

**Дунаєвський М.С.,** [MaxDunaievskyi@gmail.com](mailto:MaxDunaievskyi@gmail.com)

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

**Вступ.** Традиційно, наукове дослідження, орієнтоване на створення моделі машинного навчання (ML), вважається успішно завершеними, якщо на основі наявних даних вдається побудувати модель, яка б на тестовій вибірці мала б очікувано високі показники прогнозової точності. Однак, на сьогодні, зростає запит від державних та комерційних організацій на операціоналізацію (Ops) результатів таких досліджень та отримання вигод від їх практичного використання. Відповідно зростає попит не просто на створення ML моделей, а на створення інтелектуальних автоматизованих систем з ML моделями в основі, які б могли самоналаштовуватися (в тому числі на нових даних, що регулярно надходять в процесі використання системи від користувачів) та самонавчатися (як на нових даних так і тестуючи різні ML моделі та варіанти їх структур) безпосередньо в процесі роботи.

**Мета та задача.** Враховуючи відносну новизну MLOps систем все ще триває активний пошук найкращих архітектурних підходів їх реалізацій. Актуальним є розроблення цих систем на основі хмарної інфраструктури. Вартує уваги і перспектива застосування MLOps підходу задля покращення результатів інтелектуальних систем з LLM в основі [1].

**Розв'язання задачі.** Визначимо життєвий цикл ML проєкту як циклічну послідовність наступних етапів (рис. 1) [2]: формулювання проєкту саме як ML проєкту (не всі задачі варто / можливо вирішувати ML інструментарієм); збір даних; інтеграція даних; підготовка та очищення даних; візуалізація даних та аналіз ознак; конструювання та обрання ознак (feature engineering and selection); вибір ML алгоритму (чи кількох алгоритмів); тренування моделі; оптимізація гіперпараметрів; оцінка побудованої моделі (моделей); якщо точність прогнозів найкращої побудованої моделі вище прийнятного порогового значення відбувається перехід до розгортання цієї моделі, – інакше повернення до

початкових етапів задля пошуку кращих способів підготовки даних, конструювання та вибору впливових ознак для моделей; розгортання систем моніторингу та налагодження.

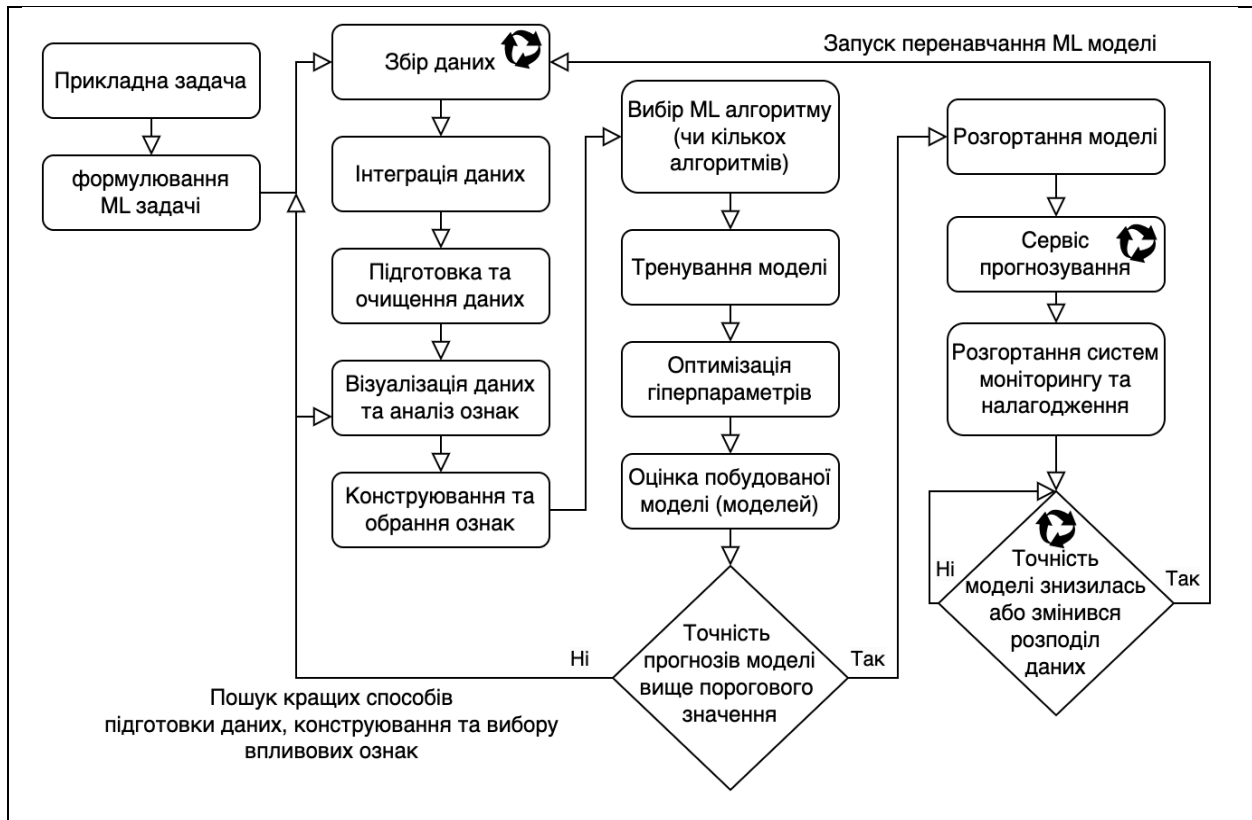


Рис. 1. Життєвий цикл ML проєкту

Пропоную розглянути розроблене MLOps архітектурне рішення на основі хмарної інфраструктури AWS (рис. 2) [3]. Ключовою особливістю архітектури є використання системи акаунтів, кожен з яких має своє функціональне призначення. Багатоакаунтний підхід є кращою архітектурною практикою (best practice) оскільки дозволяє розділити доступ для фахівців різних функціональних обов'язків/ролей, мінімізувати наслідки помилок та загроз кібербезпеки, налаштувати контроль та аудит мережевої комунікації та передачі даних. Так, фахівці з інженерії даних відповідальні за побудову сховища даних та працюють з Data Lake акаунтом. Встановлюють різний рівень доступу користувачів, готують анонімізовані вибірки даних для дослідників. Дослідники даних працюють найбільш активно з акаунтом для проведення аналітично-

дослідницьких експериментів необхідних для побудови ML рішення. Програмний код версіонується в Git репозиторії.

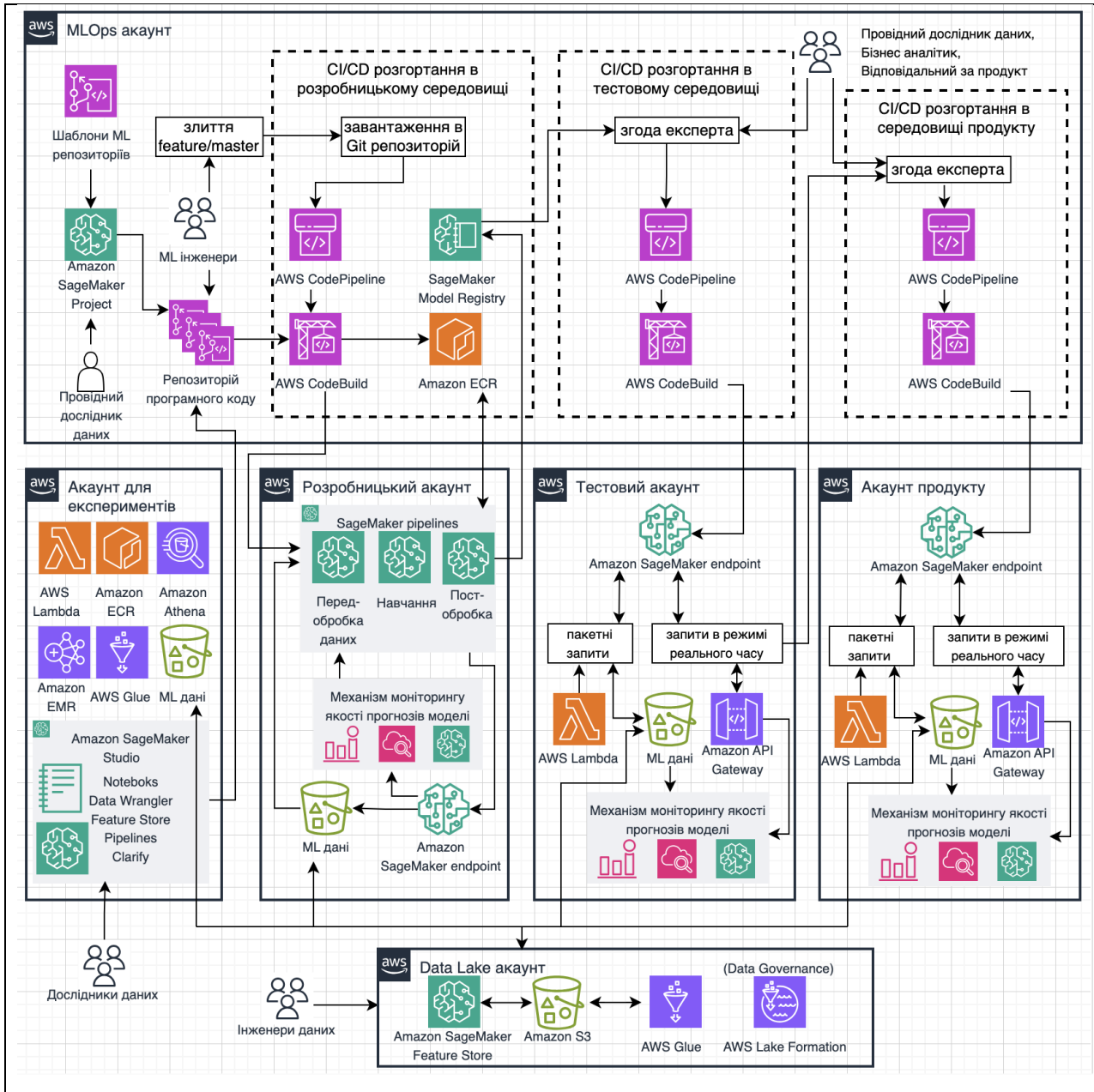


Рис. 2. MLOps архітектура системи, що самонавчається

ML інженери створюють та централізують в MLOps акаунті ресурси, що спрощують та автоматизують розгортання розробленого ML рішення в різних середовищах та акаунтах. До таких ресурсів відносять шаблони ML проектів, репозиторії програмного коду, реєстр ML моделей, реєстр Docker контейнерів (ECR), запрограмовані технологічні послідовності (pipelines) створення моделі та її розгортання, налаштування механізму моніторингу якості прогнозів моделі,



тригери запуску перенавчання моделі. Зазначені ресурси розгортаються послідовно в розробницькому (development) та тестовому (test/stage/pre prod) акаунті. Після успішного тестування система розгортається в акаунті продукту. Під час роботи система накопичує нові вхідні дані від користувачів, постійно моніторить якість прогнозів, і якщо вона знижується запускає перенавчання ML моделей та самооновлюється.

**Висновки.** MLOps архітектура дозволяє еволюційно перейти від статичної ML моделі до динамічної інтелектуальної автоматизованої системи з ML моделлю в основі. Така система може самоналаштовуватися та самонавчатися в процесі роботи. Імплементація її на основі хмарних технологій додає безпеку, надійність, сприяє автоматизованості процесів життєвого циклу ML моделі та можливостям масштабування.

#### Список використаних джерел

1. Дунаєвський М.С. RAG архітектура сучасних інформаційно-довідкових систем. Збірник тез XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем». Дніпро: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2024. С. 125–126. URL: <http://mpzis.dnu.dp.ua/tezy/>
2. Porcelli G., Duma A., Poonwala H., Shney-Dor N. End to end Machine Learning with Amazon SageMaker. URL: <https://github.com/giuseppesorcelli/end-to-end-ml-sm>
3. Kartakis S., Porcelli G., Schinas G., Eigenbrode S. MLOps foundation roadmap for enterprises with Amazon SageMaker. *AWS Machine Learning Blog*. 2022. URL: <https://aws.amazon.com/blogs/machine-learning/mlops-foundation-roadmap-for-enterprises-with-amazon-sagemaker/>

## **ПЕРСПЕКТИВА НЕЙРОМЕРЕЖ У СТРАТЕГІЧНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ. ЗНАЧЕННЯ СТРАТЕГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ У СУЧАСНОМУ СВІТІ**

**Духота І.І., [bujhtyz228@gmail.com](mailto:bujhtyz228@gmail.com)**

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

Стратегічний менеджмент є ключовим компонентом управління організаціями в сучасному світі, оскільки він дозволяє компаніям адаптуватися до швидко змінюваного бізнес-середовища та забезпечувати свою конкурентоспроможність. Ось основні аспекти, що пояснюють значення стратегічного менеджменту:

1. Адаптація до змінюваного середовища. У сучасному світі підприємства стикаються з багатьма викликами, такими як технологічні інновації, глобалізація, зміни в економічних умовах, політичні ризики тощо. Стратегічний менеджмент допомагає організаціям швидко реагувати на ці зміни, передбачати майбутні тренди та адаптувати свої стратегії відповідно до нових умов.

2. Конкурентоспроможність та інновації. У сучасному світі, де конкуренція стає все більш глобальною, стратегічний менеджмент є основою для розвитку інновацій та створення конкурентних переваг. За допомогою стратегічного планування компанії можуть розробляти нові продукти, технології або послуги, що допомагають виділитися на ринку та приваблювати споживачів.

3. Оптимізація ресурсів. Стратегічний менеджмент сприяє ефективному використанню ресурсів компанії, таких як фінанси, людський капітал, технології та інші активи. Він дозволяє правильно розподіляти ресурси для досягнення довгострокових цілей, знижуючи витрати та підвищуючи прибутковість.

4. Довгострокове планування та прогнозування. Одним з головних аспектів стратегічного менеджменту є розробка стратегічних планів, що дозволяють визначити довгострокові цілі компанії. Це дає можливість організації не лише орієнтуватися на поточні потреби, але й передбачати майбутні зміни на ринку, а також виявляти потенційні ризики та можливості.

5. Залучення та утримання клієнтів. Стратегічний менеджмент допомагає компаніям формувати стратегії взаємодії з клієнтами, що включають маркетингові кампанії, створення цінності для споживачів та побудову довгострокових відносин. Це важливо для утримання клієнтів у умовах високої конкуренції та мінливості потреб споживачів.

6. Управління змінами та ризиками. Сучасні компанії часто змушені управляти змінами, які можуть бути непередбачуваними, такими як економічні кризи, зміни в законодавстві чи соціальні зрушення. Стратегічний менеджмент допомагає мінімізувати ризики і оптимізувати процеси адаптації до змін, забезпечуючи стійкість компанії на ринку.

7. Корпоративна культура та цінності. Успішна стратегія не лише включає технічні чи економічні аспекти, але й формується з урахуванням корпоративної культури та цінностей організації. Стратегічний менеджмент дозволяє сприяти розвитку корпоративної культури, яка підвищує мотивацію працівників, полегшує комунікацію і покращує загальний клімат в компанії.

8. Стратегічне лідерство. Лідери, які мають стратегічне бачення, здатні спрямовувати організацію до досягнення її довгострокових цілей. Стратегічне управління передбачає ефективне лідерство, яке здатне мотивувати команду, управляти змінами та створювати стратегії для досягнення сталого розвитку.

9. Інтеграція сучасних технологій. В умовах цифрової трансформації стратегічний менеджмент відіграє важливу роль у інтеграції нових технологій в бізнес-процеси. Це може включати використання даних для прийняття обґрунтованих рішень, автоматизацію процесів, розробку інноваційних цифрових стратегій тощо.

Висновок. Таким чином, стратегічний менеджмент є не просто важливою складовою управління компанією, а й необхідним інструментом для забезпечення її успіху в умовах невизначеності та конкуренції. Він допомагає організаціям досягати своїх цілей, адаптуватися до змін, ефективно використовувати ресурси та бути готовими до майбутніх викликів.

Зростаюча роль великих даних та інтелектуальних систем у прийнятті рішень є однією з ключових тенденцій в управлінні, бізнесі та технологіях сьогодення. У світі, де інформація має безпрецедентну вагу, використання великих даних (Big Data) та штучного інтелекту (AI) стає важливим фактором для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності організацій.

Ось кілька основних аспектів цього процесу:

1. Підвищення точності рішень. Великі дані дають можливість отримати детальніше уявлення про поведінку споживачів, ринкові тренди, виробничі процеси, економічні показники тощо. Інтелектуальні системи, такі як алгоритми машинного навчання, можуть аналізувати ці дані та знаходити закономірності, які важко виявити без використання таких технологій. Це дозволяє приймати рішення, що базуються на фактах і точних прогнозах, зменшуючи суб'єктивність.

2. Прогнозування майбутніх тенденцій. Інтелектуальні системи використовують моделі прогнозування, які здатні аналізувати історичні дані та на їх основі робити передбачення щодо майбутніх подій. Наприклад, у бізнесі AI може передбачити зміни в попиті на продукти чи послуги, виявити сезонні коливання, оптимізувати запаси товарів чи персонал. Це дозволяє компаніям планувати свої стратегії з високою точністю, що особливо важливо в умовах конкурентного та нестабільного середовища.

3. Автоматизація процесів прийняття рішень. Штучний інтелект та автоматизовані системи можуть виконувати рутинні та складні завдання, які раніше вимагали значних людських ресурсів. Наприклад, системи на основі великих даних можуть автоматично здійснювати обробку запитів, обчислювати оптимальні рішення щодо виробничих процесів, коригувати маркетингові кампанії в реальному часі або навіть автоматично управляти фінансовими потоками в компанії. Це дозволяє знижувати витрати, підвищувати ефективність та швидкість прийняття рішень.

4. Індивідуалізація та персоналізація рішень. Завдяки аналізу великих даних можна створювати персоналізовані стратегії для кожного клієнта або групи клієнтів. Для прикладу, в інтернет-торгівлі та маркетингу на основі даних про

попередні покупки, перегляди товарів та інші взаємодії з платформою можна створювати індивідуальні рекомендації для кожного користувача, що значно підвищує ефективність маркетингових кампаній та продажів.

5. Зниження людських помилок. Людські рішення часто піддаються впливу емоцій, суб'єктивного сприйняття та когнітивних упереджень. Інтелектуальні системи, аналізуючи великі обсяги даних, можуть мінімізувати ці помилки, оскільки вони працюють на основі точних математичних моделей і логіки. В результаті компанії та організації можуть приймати більш обґрунтовані та об'єктивні рішення.

6. Оптимізація ресурсів і витрат. За допомогою великих даних можна здійснювати більш точну оцінку використання ресурсів, таких як робоча сила, енергія, матеріали тощо. Штучний інтелект допомагає виявити оптимальні стратегії для зниження витрат, наприклад, шляхом оптимізації виробничих процесів, логістики, постачання. Це дозволяє організаціям досягати значних заощаджень, підвищуючи при цьому продуктивність.

7. Покращення взаємодії з клієнтами та партнерами. Інтелектуальні системи також використовуються для покращення взаємодії з клієнтами через чат-ботів, персоналізовані рекомендації, автоматизовані дзвінки та інші інструменти. Системи на основі великих даних дозволяють аналізувати взаємодії з клієнтами та прогнозувати їхні потреби, що дозволяє здійснювати проактивне обслуговування, покращувати клієнтський досвід і зміцнювати взаємовигідні стосунки.

8. Підвищення гнучкості та адаптивності. В умовах швидких змін в економічному, політичному та технологічному середовищі важливою є здатність організацій швидко адаптуватися до нових умов. Важливу роль в цьому процесі відіграють інтелектуальні системи, які здатні обробляти величезні обсяги даних у реальному часі та допомагати організаціям приймати швидкі, але обґрунтовані рішення. Це дозволяє оперативно реагувати на нові можливості та загрози.

9. Аналіз ризиків та управління ними. Інтелектуальні системи можуть здійснювати аналіз ризиків на основі великого обсягу даних, допомагаючи

організаціям передбачати й управляти можливими загрозами. Наприклад, у фінансовому секторі AI може виявляти потенційно небезпечні фінансові операції, шахрайські схеми або нестабільні ринки. Це дає змогу компаніям зменшувати втрати та збільшувати стійкість у кризових ситуаціях.

10. Використання даних для створення нових бізнес-моделей. Аналітика великих даних відкриває можливості для створення нових бізнес-моделей. Наприклад, компанії можуть використовувати дані для розробки продуктів і послуг, які відповідають новим потребам споживачів, або оптимізувати свій бізнес для нових ринків. Це дає можливість створювати більш інноваційні стратегії, які відповідають вимогам сучасного світу.

Висновок. Великі дані та інтелектуальні системи відіграють важливу роль у прийнятті рішень, оскільки дозволяють організаціям приймати більш обґрунтовані, точні та оперативні рішення. Вони дозволяють оптимізувати бізнес-процеси, знижувати витрати, прогнозувати майбутні події та створювати нові можливості для розвитку. У світі, де інформація стає основним активом, вміння ефективно використовувати великі дані та штучний інтелект є однією з основних конкурентних переваг для сучасних організацій.

#### Список використаних джерел

1. Taherdoost H. Deep Learning and Neural Networks: Decision-Making Implications, *Symmetry*. 2023. URL: <https://www.mdpi.com/2079-8954/15/9/1723>
2. Identifying the factors affecting strategic decision-making ability to boost the entrepreneurial performance: A hybrid structural equation modeling– artificial neural network approach. *Frontiers in Psychology*. 2023. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2023.1045809/full>
3. Deep learning will play a key role in the future of business. *World Economic Forum*. 2023. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2023/08/deep-learning-business-future/>
4. Ismail R. et al., "Impact of Artificial Neural Networks in Strategic Decision Making," *International Journal of Artificial Intelligence in Business*, 2022. URL: <https://www.ijai.net/article/impact-of-artificial-neural-networks-in-strategic-decision-making/>
5. Deep Learning and Neural Networks: Decision-Making Implications. URL: [https://www.mdpi.com/2076-3417/10/10/3174&#8203;;contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://www.mdpi.com/2076-3417/10/10/3174&#8203;;contentReference[oaicite:0]{index=0})
6. Strategic Decision Making in the AI Age: Examining Neural Network Models in Business Management. URL: [https://www.journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/2158244020912996&#8203;;contentReference\[oaicite:1\]{index=1}](https://www.journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/2158244020912996&#8203;;contentReference[oaicite:1]{index=1})
7. The Role of Artificial Neural Networks (ANNs) in Supporting Strategic Management Decisions. URL: [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877042820310546&#8203;;contentReference\[oaicite:2\]{index=2}](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877042820310546&#8203;;contentReference[oaicite:2]{index=2})

## ДО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ

Дученко О., [duchenkostud@gmail.com](mailto:duchenkostud@gmail.com),

Нестеренко А., [alla.nest1958@gmail.com](mailto:alla.nest1958@gmail.com),

Павлюк А., [kvadrumpl@gmail.com](mailto:kvadrumpl@gmail.com)

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

Математичне моделювання є одним із головних засобів в науці, в інженерії тощо. Важливе місце серед завдань математичного моделювання займає моделювання нестационарних процесів. Наприклад, динамічні математичні моделі використовуються для діагностики стану пошкоджених споруд, для аналізу міцності складних конструкцій або їх елементів. Нестационарні моделі використовуються для вирішенні питання подовження ресурсу відповідальних зварних конструкцій та атомних реакторів, для з'ясування надійності гідротехнічних споруд, для виявлення властивостей та поведінки складних конструкцій, що знаходяться під комплексними навантаженнями (силовими, температурними).

В багатьох випадках моделі нестационарних процесів – це початково-крайові задачі для систем диференціальних рівнянь в частинних похідних. Основним засобом розв'язування таких задач є чисельні методи. Для цього вихідну задачу у нескінченновимірному просторі замінюють її скінченновимірним (дискретним) аналогом, часто використовуючи методи скінченних елементів, скінченних різниць тощо [1, 2]. В результаті дискретизації отримують задачу Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь (СЗДР). Так для задачі теплопереносу (теплопровідності) методом скінченних елементів можна отримати задачу для СЗДР 1-го порядку

$$M(t)\frac{dU(t)}{dt} + K(t)U(t) = Y(t), \quad U(t_0) = 0, \quad (1)$$

а для нестационарної задачі аналізу міцності – задачу для СЗДР 2-го порядку

$$M(t)\frac{d^2U(t)}{dt^2} + C(t)\frac{dU(t)}{dt} + K(t)U(t) = Y(t), \quad U(t_0) = 0. \quad (2)$$

Тут  $U(t)$  – шуканий  $n$ -вимірний вектор розв’язків СЗДР (наприклад, значень температури або значень зміщень),  $Y(t)$  –  $n$ -вимірний вектор правої частини (наприклад, потужностей джерела тепла або навантажень),  $K(t)$ ,  $M(t)$ ,  $C(t)$  –  $n \times n$  матриці розрідженої структури,  $n$  – розмірність СЗДР (1) або (2).

Зростаючі вимоги до якості проектних рішень, а також використання нових конструктивних матеріалів викликає необхідність у розв’язанні якісно нових задач. Також завжди існує необхідність у виконанні розрахунків унікальних конструкцій. Суттєве поліпшення якості та ефективності математичного моделювання в рамках фундаментальних і прикладних досліджень нестационарних процесів можливе тільки при використанні принципово нових тривимірних моделей, переходу від моделювання окремих елементів об’єкта досліджень до розрахунків для цього об’єкта в цілому. Ще одним ресурсомістким чинником є забезпечення достовірності результатів комп’ютерного моделювання що визначається точністю математичних моделей, які використовуються, похибками вихідних даних, розмірами дискретних задач тощо. Очевидно, що розгляд проблем в такій постановці призводить до розрахункових задач з надвеликими обсягами даних, наприклад, кількість рівнянь в СЗДР (1) або (2) може перевищувати  $10^7$ , а підвищення адекватності комп’ютерного моделювання, як правило, супроводжується експоненціальним зростанням вартості досліджень.

Для комп’ютерного розв’язування розрахункових задач необхідно використовувати істотно великі обчислювальні ресурси. Такі обчислювальні ресурси надаються сучасними суперкомп’ютерами – високопродуктивними комп’ютерами з паралельною організацією обчислень, які мають в своєму складі велику кількість процесорних пристроїв. Такі суперкомп’ютери часто є комп’ютерами гібридної архітектури, в яких багатоядерні процесори доповнюються співпроцесорами-прискорювачами (в якості яких переважно використовуються GPU – графічні процесори) та які поєднують MIMD і SIMD архітектури.



В гібридних комп'ютерних системах співпроцесори-прискорювачі використовуються для виконання великих обсягів однорідних арифметичних операцій. Ефективно реалізувати великі обсяги однорідних операцій можна за рахунок використання блочних версій методів і алгоритмів (вони дозволяють звести переважну кількість операцій до операцій з матричними блоками), а також програмних засобів, що надаються розробниками апаратних засобів (hardware), які найбільш ефективно реалізують операції з матричними блоками на відповідних процесорних пристроях. Прикладами таких засобами є бібліотека Intel MKL, бібліотека CUBLAS тощо.

Для чисельного розв'язання задач Коші для СЗДР виду (1) або (2) використовуються в залежності від властивостей задачі низка методів інтегрування, в тому числі методи Рунге-Кутта різних порядків, метод Ньюмарка,  $\theta$ -метод Вільсона, метод Фур'є [3]. Важливе значення при виборі методу мають наступні характеристики: точність, стійкість, ефективність. Крім того, однією з найважливіших властивостей диференціальних задач, що створює труднощі при їх чисельному розв'язанні, є властивість жорсткості. Тому необхідно дослідити математичні властивості дискретної задачі і створити в комп'ютерному середовищі алгоритм отримання розв'язку, що буде наближувати розв'язок вихідної задачі з наперед заданою точністю [4].

В методах прямого інтегрування СЗДР важливим є вибір кроку інтегрування. Кроки інтегрування (кроки за часом) мають для стійкості розв'язку узгоджуватись з кроками за простором. Крім того зменшення кроку інтегрування дозволяє зменшити похибку комп'ютерного розв'язку. Вибір оптимального кроку інтегрування дозволяє узгодити всі види похибок. Вибір кроку інтегрування при розв'язуванні із наперед заданою точністю задачі Коші для СЗДР є складною задачею, вирішення якої дозволяє ефективно використовувати обчислювальний ресурс.

Ще одним засобом забезпечення достовірності результатів комп'ютерного моделювання при ефективному використанні обчислювального ресурсу є застосування в обчисленнях арифметики змінної розрядності та багаторозрядної

арифметики. Як правило, дані розрахункових задач мають розріджену структуру. Для розпізнавання розріджених структур даних та їхніх регуляризації доцільним є застосування штучних нейронних мереж. Структурна регуляризація дозволяє оптимізувати структуру розріджених даних та зменшити кількість арифметичних операцій при розв'язуванні розрахункових задач. Блочні схеми розподілу, збереження та обробки даних дозволяють забезпечити компактність даних; швидкий доступ та обробку великих масивів даних, мінімізувати обміни даними між процесорними пристроями тощо.

**Висновки.** Для розв'язання СЗДР розроблено велику кількість чисельних методів [4, 5]. На сьогодні для дослідження з чисельного розв'язання СЗДР актуальним є розроблення нових методів і алгоритмів паралельних високопродуктивних обчислень для суперкомп'ютерів гібридної архітектури на основі використання високоефективних інструментів комп'ютерної математики (змінне комп'ютерне середовище, багаторозрядна арифметика, арифметика змінної розрядності) та елементів штучного інтелекту.

#### Список використаних джерел

1. Махненко В.И. Расчётные методы исследования кинетики сварочных напряжений и деформаций. К. : Наукова думка.1976.
2. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К. : ФАКТ. 2007. 394 с.
3. Бате К., Вилсон Е.Л. Численные методы анализа и метод конечных элементов. 1982. 447 с.
4. Химич А.Н., Молчанов И.Н., Попов А.В., Чистякова Т.В., Яковлев М.Ф. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики. К., Наукова думка, 2008, 248 с.
5. Нестеренко А.Н., Герасимова Т.О. Паралельні алгоритми розв'язування систем нелінійних рівнянь та задач Коші для систем звичайних диференціальних рівнянь на багатоядерних комп'ютерах з процесорами Intel Xeon Phi. *Проблеми програмування*. 2018. № 2-3. С. 54–60. DOI: [10.15407/pp2018.02.054](https://doi.org/10.15407/pp2018.02.054)

## ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА АЛГОРИТМИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Єгер М. Д., [maksym.yeher@uzhnu.edu.ua](mailto:maksym.yeher@uzhnu.edu.ua)

*Ужгородський національний університет*

Задачі маршрутизації транспортних засобів (ЗМТЗ, англ. Vehicle Routing Problem, VRP) – це широкий клас задач комбінаторної оптимізації, який грає ключову роль в транспортній логістиці, оптимізації комп'ютерних мереж, управління БПЛА, тощо. Розв'язанню цих задач присвячено багато робіт.

Мета задачі маршрутизації транспортних засобів [1] полягає у знаходженні оптимального набору маршрутів, що дозволяє доставити задану кількість вантажу до заданої кількості споживачів у заданому середовищі заданою кількістю транспортних засобів. У класичному вигляді ЗМТЗ представляється у вигляді графу  $G(V, E)$ , де  $V = \{v_0, v_1 \dots v_n\}$  – множина вершин, що представляють собою клієнтів ( $v_1 \dots v_n$ ) та депо ( $v_0$ );  $E$  – множина ребер  $\{(v_i, v_j) \mid i \neq j\}$ , що відповідають шляхам; матрицею  $C$  – матрицею ваг ребер  $c_{ij}$  між вершинами. Ваги ребер задають вартість шляхів;  $m$  – кількість транспортних засобів, що беруть участь у доставці вантажу;  $R_i$  – маршрут  $i$ -го транспортного засобу ( $i = \overline{1, m}$ );  $C(R_i)$  – вартість маршруту  $R_i$ ;  $q_i$  – обсяг товару що має постачатися (вимога клієнта) в  $i$ -ту вершину.

Розв'язком задачі є розбиття множини  $V$  на підмножини, на яких задано порядок обходу вершин, і вони задовольняють додатковим обмеженням. Цільовою функцією ЗМТЗ є сумарна вартість всіх перевезень, яка описується наступною формулою:

$$F_{vrp} = \sum_{i=1}^m \sum C(R_i),$$

де  $C(R_i)$  – сума вартостей шляхів (ваг ребер) маршруту  $R_i$ .

Традиційна ЗМТЗ полягає у знаходженні розв'язку з мінімальною сумарною вартістю (відповідно до кількості транспортних засобів), такого щоб кожна вершина відвідувалася лише один раз і всі маршрути розпочиналися і закінчувалися в депо  $v_0$ . Класична ЗМТЗ відноситься до NP-складних задач [2].

Введення додаткових або зняття існуючих обмежень породжує цілий спектр задач, з яких найбільш поширеними можна вважати наступні [3]:

- Маршрутизація з підбором і доставкою товарів (англ. VRP with Pick and Delivery, VRP-PD) – заданий набір товарів має доставлятися до клієнтів з визначених точок комплектації (підбору) вантажу. При цьому знімається обмеження на наявність депо.

- Обмежена ЗМТЗ (англ. Capacitated VRP, C-VRP) – весь вантаж одного виду і всі транспортні засоби мають однакову, наперед визначену ємність.

- Гетерогенна ЗМТЗ (англ. Heterogeneous VRP, H-VRP) – всі транспортні засоби мають однакову, наперед визначену ємність, однак, на відміну від C-VRP, розглядаються вантажі різних видів.

- ЗМТЗ з правилом «останній завантажений – перший розвантажений» (англ. VRP with Last-In-First-Out, VRP-LIFO) – вантаж, що був завантажений останнім, має бути розвантажений у наступній точці доставки.

- ЗМТЗ з часовим вікном (англ. VRP with Time Window, VRP-TW) – кожна з точок доставки може бути відвідана лише в наперед визначений часовий проміжок (часове вікно).

- Відкрита ЗМТЗ (англ. Open VRP, O-VRP) – знімається обмеження, що транспортні засоби мають повернутися в депо після закінчення свого маршруту (після відвідування всіх визначених точок доставки).

- ЗМТЗ з одночасним підбором та доставкою, дво- / тривимірними обмеженнями на завантаження (англ. VRP with Simultaneous Pick-ups, Deliveries and Two- / Three-Dimensional Loading Constraints, 2L-SPD, 3L-SPD) – до задачі VRP-PD додається обмеження на завантаження: для кожної дуги, задіяної в маршруті, повинні бути визначені можливі схеми завантаження в двовимірному та тривимірному випадках.

- ЗМТЗ з багатьма поїздками (англ. VRP with Multiple Trips, VRP-MT) – кількість поїздок для транспортних засобів не обмежується.

На сьогодні, алгоритми розв'язання ЗМТЗ можна поділити на три групи [4][5][6]:

- Точні алгоритми – зазвичай вирішують ЗМТЗ малого масштабу. Однак, автори [5] зазначають, що точні алгоритми погано працюють для ЗМТЗ з більше ніж 50 клієнтами.
- Наближені алгоритми – алгоритми здатні знайти розв'язок ЗМТЗ. В [6] показано, що значення цільової функції відрізняється від оптимального менше ніж 1%.
- Евристичні методи – здатні знайти розв'язок, близький до оптимального, для ЗМТЗ великих розмірів за прийнятний час. Відхилення значення цільової функції відрізняється від оптимального на 3-5% [4].

Точні алгоритми розв'язання ЗМТЗ розглянемо на прикладі застосування алгоритму розбиття множини вершин графа з додатковими розрізами [5]. Як зазначають автори алгоритм використовує комбінацію трьох різних “граничних” процедур, для побудови задачі, що містить лише маршрути, витрати яких менші, ніж розрив між досягнутою верхньою та нижньою границями. Далі отриману задачу цілочисельного програмування вирішують солвером CPLEX 9.0. Параметри алгоритму підбираються за допомогою окремого раунду тестування.

Автори зазначають, що отримані результати є кращими, ніж результати отримані в [7], але відмічають, що алгоритм не зміг розв'язати відомі тестові задачі P-n76-k4, P-n76-k5 та P-n101-k4, які були успішно розв'язані покращеним алгоритмом гілок та меж [8]. Також зазначається, що методи, засновані на множині розбиттів, погано підходять для слабо обмежених C-VRP.

Проведено огляд найбільш популярних алгоритмів розв'язання ЗМТЗ, та розглянуто приклад використання точного алгоритму для обмеженої ЗМТЗ.

На даний момент досліджується використання наближених та евристичних алгоритмів для розв'язання класичної ЗМТЗ та деяких її варіантів з метою визначення характерних обмежень та підбору параметрів алгоритмів, орієнтованих на конкретний клас задач. Для обраних ЗМТЗ в подальшому

планується провести їх формалізацію з подальшим розв'язанням точним методом (наприклад, методом гілок та границь).

#### Список використаних джерел

1. Гуляницький Л.Ф., Коткова А.А. До класифікації задач маршрутизації транспортних засобів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Математика і інформатика*. 2020. 1(36). С. 73-84.
2. Lenstra J.K., Kan A.H.G.R. Complexity of vehicle routing and scheduling problems. *Networks*, 1981. 11(2). P. 221-227.
3. Kaiwartya O., Tiwari P. K. Kumar. S., Prasad M. Dynamic vehicle routing solution in the framework of nature-inspired algorithms. *Designing and Implementing Global Supply Chain Management 1st Edition*. 2015. chap. 3. P.36-50.
4. El-Sherbeny N.A. Vehicle routing with time windows: An overview of exact heuristic and Metaheuristic methods. *J. King Saud Univ.-Sci.* 2010. 22(3). P. 123-131.
5. Baldacci R., Christofides N., Mingozzi A. An exact algorithm for the vehicle routing problem based on the set partitioning formulation with additional cuts. *Mathematical Programming*. 2008. 115(2). P. 351-385.
6. Гребеннік І.В., Чорна О.С. Циклічні перестановки в методах комбінаторної оптимізації на основі циклічних трансферів. *Науково-технічний журнал "Біоніка інтелекту"*. 2019. Т.2. №93. С. 28-33.
7. Fukasawa R., Longo H., Lysgaard J., Poggi de Aragão M., Reis M., Uchoa E., Werneck R.F. Robust branch-and-cut-and-price for the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Programming. Ser. A*. 2006. 106. P. 491–511.
8. Lysgaard J., Letchford A.N., Eglese R.W. A new branch-and-cut algorithm for the capacitated vehiclerouting problem. *Mathematical Programming. Ser. A*. 2004. 100. P. 423–445.

## ВИКОРИСТАННЯ ГРАФОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ОЦІНКИ СТАНУ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ

<sup>1</sup>Єгоров О.Г., [alex.yegorka@gmail.com](mailto:alex.yegorka@gmail.com), <sup>1</sup>Пашко А.О., <sup>2</sup>Теренчук С.А.

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури

Внаслідок повномасштабної збройної агресії російської федерації, яка розпочалася 24 лютого 2022 року, частково або повністю була знищена величезна кількість будівель, споруд та об'єктів інфраструктури на території України.

Наявність великої кількості громадян та організацій, зацікавлених у прискоренні відновлення зруйнованих та пошкоджених об'єктів, диктує необхідність створення загальнодоступної, високонавантаженої розподіленої інформаційно-комунікаційної системи, яка буде інтегрована в процес відбудови України й забезпечуватиме, зокрема, ідентифікацію причин пошкоджень будівлі або об'єкта інфраструктури, адже це напряду впливає на характер пошкоджень, подальші висновки й рішення щодо об'єкту, який розглядається. [1]

Формування графа знань. Першим кроком на шляху до вирішення задачі ідентифікації причин пошкоджень будівлі є процес збору інформації й формування графа знань про цю будівлю. Побудова графа передбачає збір різних типів інформації, пов'язаних з структурою будівлі, матеріалами, історичним контекстом і характеристиками наявних пошкоджень [1]. Вершини графа в даному випадку будуть представляти собою наступні елементи й властивості будівлі:

- Структурні компоненти та фізичні зв'язки між ними.
- Матеріали, з яких виготовлені компоненти.
- Наявні пошкодження певних елементів.
- Історичні дані про перевірки, технічне обслуговування та експлуатацію.
- Географічні та екологічні фактори.
- Причини пошкоджень елементів будівлі, їх можна класифікувати за природою походження (рис. 2).

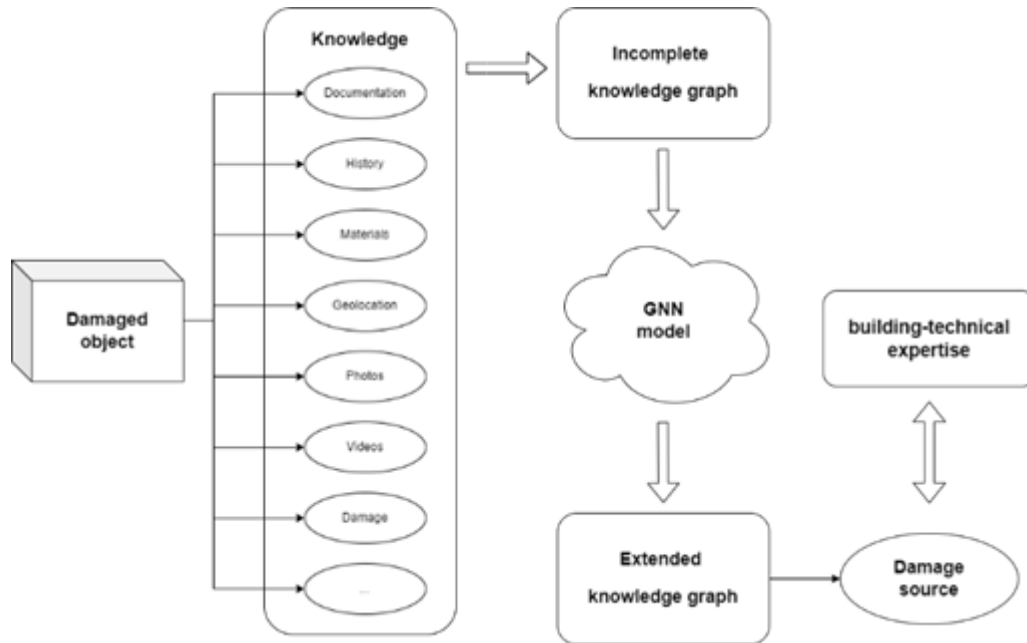


Рис. 1. Загальна схема процесу ідентифікації причин пошкоджень.

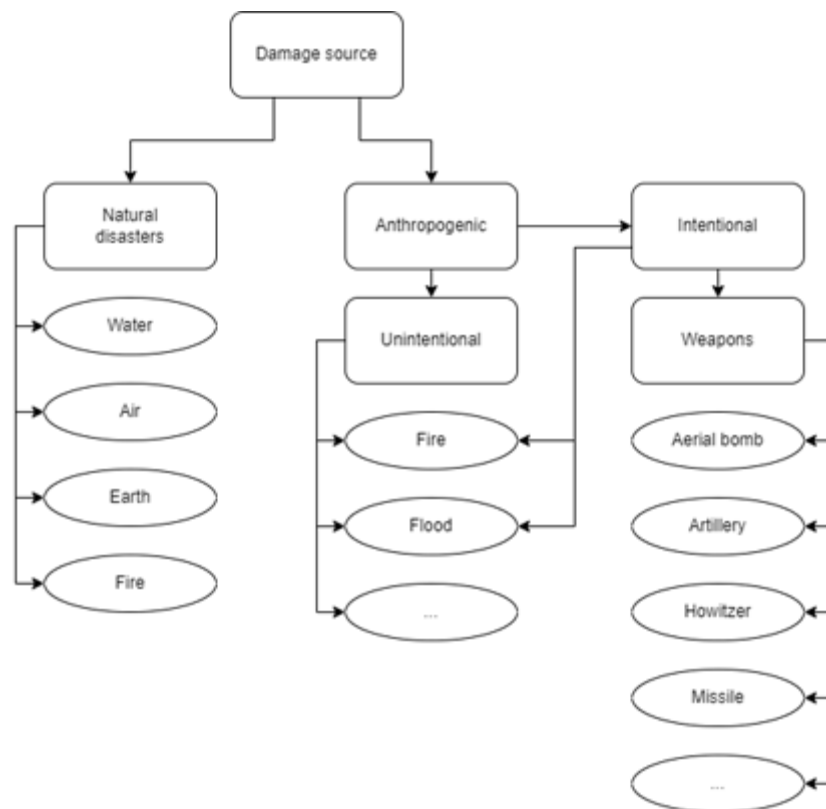


Рис. 2. Класифікація причин пошкоджень.

У зруйнованому війною середовищі побудова повного графа знань про певну будівлю є складним завданням, зокрема через наявність і доступність



попередніх даних та документації, обмеженості доступу до об'єктів, втрати важливих історичних даних, швидкі й непередбачувані зміни стану об'єкту, ризики для експертів тощо. Зазвичай на практиці бракує надійної інформації щодо причин пошкоджень будівлі [1].

Для вирішення задачі доповнення графа знань про пошкоджену будівлю пропонується використовувати попередньо навчену на існуючих експертних висновках модель графової нейронної мережі з механізмом уваги (Graph Attention Network – GAT). Механізм уваги може дозволити сфокусуватися на ключових регіонах графа в контексті певної будівлі. Наприклад, на матеріалах, з яких було виготовлено пошкоджені елементи конструкції, факторах, які могли вплинути на ступінь пошкоджень, прямих і непрямих ознаках певної причини пошкоджень.

Далі вибрана модель буде використовуватись для прогнозування ймовірності додавання певних дуг між вершинами на графі. Зокрема, для кожного структурного компонента та вузла пошкодження модель оцінюватиме потенційні зв'язки з вузлами, що викликають пошкодження. Модель робитиме оцінку на основі наявної в графі інформації.

Так як пропонується використовувати дану модель як частину системи підтримки оцінки технічного стану будівель [1] передбачається можливість уточнення моделі передбачення дуг у графі знань за рахунок використання експертних оцінок результату роботи запропонованої моделі.

Після процесу передбачення дуг ми отримуємо більш повноцінний граф знань про певну будівлю або об'єкт інфраструктури, що в подальшому може бути використано для покращення процесу планування відновлення будівлі тощо.

Висновок. У цій роботі ми дослідили застосування графів знань і графових нейронних мереж (GNN) як одного з елементів системи, призначеної для підтримки оцінки технічного стану пошкоджених будівель. Використовуючи графи знань, можна представити та зв'язати комплексні дані про компоненти будівлі, матеріали та потенційні причини пошкоджень. Інтеграція моделі GNN дозволила розширити можливості передбачення відсутніх дуг у графі знань,

дозволяючи моделі ефективно визначати ймовірні причини пошкоджень конструкції.

Запропонований підхід демонструє значний потенціал в контексті післявоєнного відновлення пошкоджених будівель, де швидкі та точні оцінки важливі для прийняття обґрунтованих рішень. Завдяки автоматизації процесу ідентифікації причин пошкоджень, наша модель є цінним компонентом системи підтримки оцінки стану пошкоджених будівель.

Майбутні роботи можуть бути зосереджені на розширенні обсягу графа знань, вдосконаленні його онтології для охоплення ще більшої кількості різноманітних факторів та джерел інформації, наприклад, таких як фактори навколишнього середовища та дані датчиків у реальному часі, для подальшого уточнення прогнозів пошкоджень. Крім того, реалізовано прагнення підвищити точність і ефективність моделі GNN шляхом постійного тонкого налаштування та адаптації до різних типів будівель. Ця модель є значним кроком у напрямку використання штучного інтелекту для роботи із графами знань про об'єкти у сфері моніторингу структурного здоров'я будівель та об'єктів інфраструктури.

#### **Список використаних джерел**

1. Terenchuk S., Pasko R., Bosenko I., Buhrov A., Yaschenko A., Volokh B. Ontology Formation of Support System for Restoration of Buildings, Property and Infrastructure Objects. 2023 *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. Kharkiv, Ukraine. 2023. P. 1-5, DOI: [10.1109/KhPIWeek61412.2023.10313006](https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10313006)

## МІКРОСЕРВІСНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ЕКГ З НОСИМИХ СИСТЕМ

Єфремов М.С., [Yefremov@knu.ua](mailto:Yefremov@knu.ua), Ляшко А.В.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

З розвитком мобільних технологій, доступності інтернету та збільшення потужності комп'ютерних систем, зростають можливості пристроїв моніторингу здоров'я людини, які можна носити на тілі протягом тривалого часу, такі як електронні годинники або холтери. Холтер – це пристрій, який дозволяє знімати ЕКГ людини, зазвичай на 1-му або 3-х каналах, та використовується для встановлення діагнозів різних захворювань серця знімаючи ЕКГ протягом тривалого часу, що дозволяє аналізувати ЕКГ як у стані спокою, так і під час фізичних навантажень. У даній роботі розглядається повний цикл роботи холтера та пропонується архітектура для застосунку, який використовуючи різні види холтерів дозволяє як в реальному часі, так й використовуючи заздалегідь завантаженні кардіограми робити аналіз ЕКГ різними алгоритмічними методами, що спрощує роботу кардіологам.

В рамках проекту було також розроблено алгоритм виділення піків на кардіограмах використовуючи похідні [1]. Алгоритм було проведено на відкритому джерелі, а саме МІТ-ВІН [2] – базі аритмій. Для тестування роботи алгоритму у реальних умовах було розроблено архітектуру застосунку повноцінного циклу зняття ЕКГ, а саме архітектуру системи електронного моніторингу здоров'я. Під повним циклом зняття ЕКГ в реаліях цифровізації медицини, мається на увазі процес, що починається від реєстрації сигналу ЕКГ використовуючи пристрій (Холтер) та після алгоритмічної обробки отриманих сигналів відображає кардіограму на зручному лікарям інтерфейсі, показуючи підозрілі точки, піки сигналу, RR-інтервали, тощо. В роботі [3] було запропоновано зручний інтерфейс та мікросервісну архітектуру, яка б дозволила відокремити виділення сигналів з різних цифрових форматах, алгоритмічну обробку, та відображення результатів. Тобто загальний застосунок розподіляється на три мікросервіси схема взаємодії яких відображена на рис. 1.

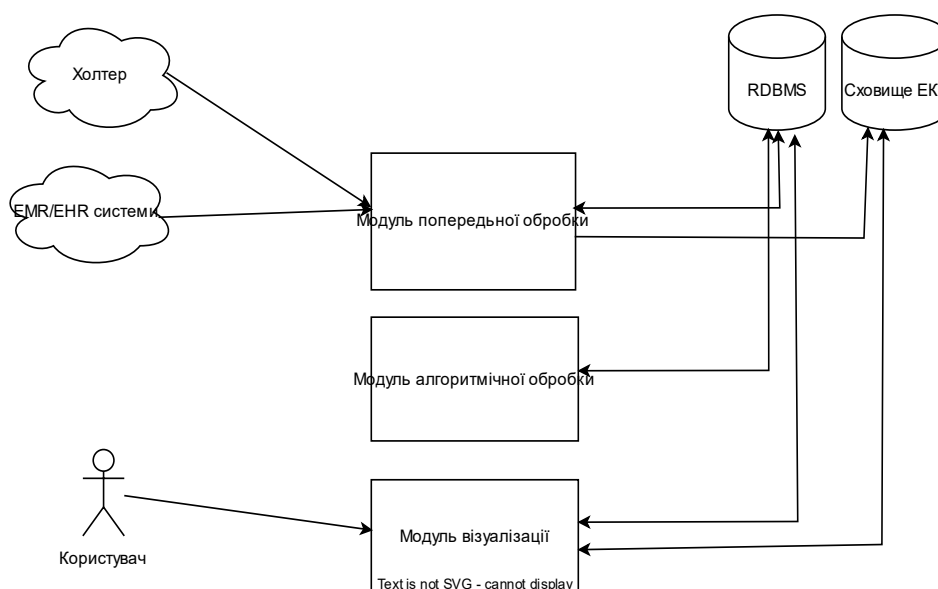


Рис. 1. Схема взаємодії мікросервісів

Модуль попередньої обробки – це окремий застосунок, який приймає на вхід ЕКГ різних цифрових форматів, та приводить до вигляду, зручного для аналізу іншими модулями. Модуль алгоритмічної обробки – це частина яка відповідає за аналіз різних сигналів ЕКГ, а модуль візуалізації слугує фронтендом застосунку. Комунікація між мікросервісами виконується через спільні бібліотеки та реляційну базу даних. База слугує сховищем для конфігурацій мікросервісів, та даними про кожний файл ЕКГ, який приходить у систему. А саме – його метадані, дані про пацієнта та масиви оброблених сигналів. Зберігання обробленого сигналу у базі спрощує фронтенд частині алгоритми роботи з відображенням даних, які отримуються після роботи модулю алгоритмічної обробки. Отриманий застосунок може використовуватись лікарями-кардіологами не тільки для аналізу ЕКГ як алгоритмічно, так й візуально за допомогою зручного інтерфейсу, але як базою журналювання кардіограм для подальшого їх зберігання.

#### Список використаних джерел

1. Крак Ю.В., Стеля О.Б., Єфремов М.С., Ляшко А.В. Інформаційна технологія обробки даних електрокардіограм для знаходження R-піків. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2024. № 5. С. 44-52. DOI: [10.15407/dopovidi2024.05.044](https://doi.org/10.15407/dopovidi2024.05.044)
2. Goldberger A.L., Amaral L.A.N., Glass L., Hausdorff J.M., Ivanov P.Ch., Mark R.G., Mietus J.E., Moody G.B., Peng C.K., Stanley H.E. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation.* 101(23):e215-e220. DOI: [10.1161/01.cir.101.23.e215](https://doi.org/10.1161/01.cir.101.23.e215)
3. Єфремов М. С., Ляшко А. В. Алгоритмічно-графічні засоби попередньої комп'ютерної обробки даних Холтера. *Журнал обчислювальної та прикладної математики.* №1. 10.05.2024. С. 30-39. DOI: [10.17721/2706-9699.2024.1.02](https://doi.org/10.17721/2706-9699.2024.1.02)

## USING MACHINE LEARNING TO PREDICT CREDIT RISKS IN BANKING

Zhelnovatenko Y.A.,

[mr.zhelnovatenko@gmail.com](mailto:mr.zhelnovatenko@gmail.com)

*Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

The accurate assessment of credit risk is fundamental to the stability and profitability of banking institutions [5]. Traditional credit scoring models, primarily based on statistical methods, often fail to capture the complexities inherent in borrower behavior and economic fluctuations [4, 6]. This thesis explores the application of machine learning (ML) techniques to enhance credit risk prediction in banking. By leveraging large datasets and advanced algorithms, ML models can identify intricate patterns and relationships that elude conventional methods [1–3]. This research evaluates various ML approaches, including ensemble methods and deep learning architectures, to develop robust predictive models. The study also addresses challenges such as data quality, model interpretability, and regulatory compliance, proposing solutions to integrate ML-driven credit risk assessment into existing banking frameworks effectively.

**Keywords.** Credit risk prediction, machine learning, banking, credit scoring, predictive modeling, ensemble methods, deep learning, model interpretability, regulatory compliance.

**Methodology.** The research adopts a comprehensive methodology encompassing data collection, preprocessing, model development, evaluation, and validation. A substantial dataset comprising historical loan performance records is sourced from a financial institution. Data preprocessing involves handling missing values, outlier detection, and feature engineering to enhance model performance. Various ML algorithms, including logistic regression, decision trees, random forests, gradient boosting machines, and neural networks, are implemented and compared. Model evaluation employs metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, and the area under the receiver operating characteristic curve (AUC-ROC) to assess predictive performance. Cross-validation techniques are utilized to ensure model robustness and generalizability. Additionally, interpretability methods, such as SHapley Additive

exPlanations (SHAP), are applied to elucidate model decisions, addressing regulatory and ethical considerations.

**Expected results.** It is anticipated that ML models will outperform traditional statistical methods in predicting credit risk, demonstrating higher accuracy and better generalization to unseen data. Ensemble methods, particularly gradient boosting machines, are expected to provide superior predictive capabilities due to their ability to capture complex, non-linear relationships within the data. Deep learning models may offer additional improvements, especially when handling large and high-dimensional datasets. The application of interpretability techniques is expected to render these models more transparent, facilitating their acceptance in regulatory environments.

**Conclusions.** The findings of this research underscore the potential of machine learning to revolutionize credit risk assessment in banking. ML models, with their capacity to process vast amounts of data and uncover subtle patterns, offer a significant advancement over traditional approaches. However, challenges related to data quality, model interpretability, and compliance with regulatory standards must be meticulously addressed. The integration of ML into credit risk management necessitates a balanced approach that leverages technological advancements while adhering to ethical and legal frameworks.

**Perspectives for future research.** Future research should focus on enhancing the interpretability of complex ML models to ensure transparency and trustworthiness in credit risk assessments. Investigating the integration of alternative data sources, such as social media activity and digital footprints, could further refine predictive accuracy, particularly for individuals with limited credit histories. Additionally, exploring the application of reinforcement learning and other advanced ML techniques may offer new avenues for improving credit risk prediction. Ongoing collaboration between academia, industry, and regulatory bodies is essential to develop frameworks that balance innovation with the imperative of financial stability and consumer protection.

### *References*

1. Emmanuel I., Sun Y., Wang Z. A machine learning-based credit risk prediction engine system using a stacked classifier and a filter- based feature selection method. 2024. 11. P. 23. DOI: [10.1186/s40537-024-00882-0](https://doi.org/10.1186/s40537-024-00882-0)
2. Si S., Tse R., Luo W. et al. Machine learning-driven credit risk: a systemic review. 2022. 34. P. 14327–14339. DOI: [10.1007/s00521-022-07472-2](https://doi.org/10.1007/s00521-022-07472-2)
3. Noriega J., Rivera L., Herrera J. Machine Learning for Credit Risk Prediction: A Systematic Literature Review. 2023. 8(11). 169. DOI: [10.3390/data8110169](https://doi.org/10.3390/data8110169)
4. Chang V., Xu Q., Akinloye S. et al. Prediction of bank credit worthiness through credit risk analysis: an explainable machine learning study. 2025. 354. P. 247–271. DOI: [10.1007/s10479-024-06134-x](https://doi.org/10.1007/s10479-024-06134-x)
5. Addy W. A., Ugochukwu C. E., Oyewole A. T., Ofodile O. Ch., Adeoye O. B., Okoye Ch. Ch. Predictive analytics in credit risk management for banks: A comprehensive review. 2024. 18(02). P. 434–449. DOI: [10.30574/gscarr.2024.18.2.0077](https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.18.2.0077)
6. Suhadolnik N., Ueyama J., Da Silva S. Machine Learning for Enhanced Credit Risk Assessment: An Empirical Approach. 2023. 16(12). P. 496. DOI: [10.3390/jrfm16120496](https://doi.org/10.3390/jrfm16120496)

## МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ КЛЮЧОВИХ РІШЕНЬ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Зектер М. І.,

[nikoliazekter@gmail.com](mailto:nikoliazekter@gmail.com),

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Штучний інтелект швидко розвивається, показуючи високу ефективність в різноманітних сферах. Особливо важливим стає використання нейронних мереж у критичних сферах, таких як військова справа та медицина. Проте процеси прийняття рішень нейромережевими технологіями залишаються непрозорими, що створює виклики в умовах, коли потрібні не лише точні, але й пояснювані результати.

Багато сучасних методів інтерпретації нейромереж розглядають статистичні взаємозв'язки між вхідними даними та прогнозами моделі, аналізуючи, наприклад, важливість різних ознак, проте не пояснюючи, що саме відбувається всередині мережі. Натомість існує потреба в розробці методів, за допомогою яких можна дослідити, як окремі шари, нейрони та їхні з'єднання виконують конкретні обчислення та формують проміжні ознаки. Такий підхід дасть змогу зрозуміти, чому модель зробила той чи інший висновок, а також виявити потенційні помилки у її логіці, що особливо важливо в середовищах з високою ціною помилки.

Це мотивує розробку комплексної методології інтелектуального аналізу механізмів прийняття ключових рішень нейронними мережами. Пропонується зосередитись на методах автоматизованого пошуку "схем" (circuits) [1, 2] в нейронних мережах - структурних компонентів нейронних мереж, які реалізують певний алгоритм. Також цікавим піднапрямом досліджень є декомпіляція нейронних мереж [3], тобто пошук символічних програм, еквівалентних виконуваним обчисленням. Крім того, уваги потребує дослідження тренувальної динаміки нейронних мереж і поступового формування алгоритмічних можливостей в процесі навчання [4, 5].



У військовій сфері розроблені методи можуть допомогти зрозуміти логіку вибору об'єктів для спостереження або алгоритм оцінки загроз на основі аналізу даних з дронів чи супутників. У медицині такі методи будуть корисні для пояснення рішень нейромереж, наприклад, під час аналізу знімків МРТ, що сприятиме кращому розумінню діагнозів лікарями та підвищить їх довіру до технології.

#### Список використаних джерел

1. Olah C., Cammarata N., Schubert L., Goh G., Petrov M., Carter, S. Zoom in: An introduction to circuits. *Distill*. 2020. URL: <https://distill.pub/2020/circuits/zoom-in>
2. Conmy A., Mavor-Parker A., Lynch A., Heimersheim S., Garriga-Alonso A. Towards automated circuit discovery for mechanistic interpretability. In *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2023. 36.
3. Thurnherr H., Riesen K. Neural decompiling of Tracr transformers. In *Artificial Neural Networks in Pattern Recognition: Proceedings of ANNPR 2024*. 2024. P. 25–36. Springer.
4. Power A., Burda Y., Edwards H., Babuschkin I., Misra V. Grokking: Generalization beyond overfitting on small algorithmic datasets. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2201.02177>
5. Kumar T., Bordelon B., Gershman S. J., Pehlevan C. Grokking as the transition from lazy to rich training dynamics. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2310.06110>

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯ БПЛА В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ GNSS

Зелінський В.,

[vldzelinskiy@gmail.com](mailto:vldzelinskiy@gmail.com),

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна*

**Вступ.** Безпілотні літальні апарати набули широкого застосування в різних сферах: сільське господарство, рятувальні операції, моніторинг навколишнього середовища та військова справа. Ефективне керування та позиціонування БПЛА є критично важливим для виконання складних завдань в автономному режимі. Існуючі системи навігації, як-то супутникова та інерціальна, мають свої вади та недоліки. Так, сигнал із супутників глобальної супутникової системи навігації (англ., Global Navigation Satellite System, GNSS), яка включає у себе GPS, ГЛОНАСС, Galileo та інші, може бути спотворений або взагалі відсутній через вплив складних природніх або штучно створених умов (наприклад, робота систем радіоелектронної боротьби), внаслідок чого втрачається можливість визначення поточних координат об'єкта позиціонування. Інерціальна система навігації (ІНС), робота якої полягає у визначенні прискорення та кутових швидкостей літального апарата за допомогою акселерометрів, гіроскопів та обчислювального приладу, є стійкою до зовнішнього впливу. Однак, високоточні ІНС є доволі дорогівартісними та можуть споживати велику кількість енергії, що є критичним для автономного літального апарату. Додатково слід зазначити, що в процесі функціонування системи, навіть за умови використання високоточних приладів, постійно акумулюються похибки у визначенні координат та кутів орієнтації летального апарату. Вищезазначені фактори призводять до відхилення БПЛА від заданого курсу. Водночас неточності ІНС можна корегувати даними з іншої навігаційної системи, що потребує об'єднання цих систем у так звану гібридну навігаційну систему і, як наслідок, призводить до збільшення загальної вартості.

**Комп'ютерний зір в задачах керування та позиціонування БПЛА.** Задача локалізації БПЛА у реальному часі полягає у визначенні абсолютних географічних координат. Окрім використання ІНС, цю задачу можна розв'язати, використовуючи альтернативний підхід, що базується на аналізі візуальної інформації за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору (КЗ). При цьому, обробка інформації виконується на борту літального апарату у реальному часі. Це виключає необхідність використання каналів зв'язку та передачі даних, а також, мінімізує вплив імовірних зовнішніх чинників. Для цього використовуються зображення із бортової камери літального апарату та набір заздалегідь підготовлених супутникових знімків зони виконання місії БПЛА, які мають прив'язку до географічних координат на земній поверхні. І тоді через зіставлення зображень можна встановити їх відповідність, а відтак і визначити географічні координати усіх об'єктів на отриманому з відеокамери БПЛА зображенні [1].

Для реалізації описаного підходу передбачається використання алгоритмів зіставлення зображень на основі виявлення та опису ключових точок [2, 3].

Ключові точки – це особливі точки на зображенні, що мають високу інформативність та можуть бути легко та стабільно ідентифіковані й вирізнені з-поміж інших точок. На зображенні ключова точка – це локально відокремлена ділянка, що має характерні властивості, а саме, різку зміну яскравості, перетини ліній, кути тощо. Алгоритми вказаного вище типу дозволяють виконувати пошук таких точок, створювати їх опис та використовувати отриману інформацію для пошуку відповідностей між двома зображеннями, тобто, визначати, які саме точки на першому зображенні відповідають аналогічним точкам на другому.

Отже, основна ідея означеного підходу полягає у виявленні ключових точок на супутниковому знімку (або його фрагменті) і на знімку, отриманому з камери літального апарату, та подальший пошук збігів ключових точок на зображеннях. З огляду на те, що супутниковий знімок має прив'язку кожного пікселя до географічних координат, то після виконання необхідних обчислення, можна визначити і просторове положення та орієнтацію БПЛА. Такий підхід у разі

успішного зіставлення зображень дає змогу отримати координати, максимально наближені до реальних. Необхідно враховувати також те, що не кожна ітерація цього процесу, тобто, обробка наступного отриманого зображення з камери БПЛА може давати коректні координати. Припустімо, що літальний апарат рухається з приблизно однаковою швидкістю. Виходячи з даних про його координати, отриманих під час польоту, можна визначити область найбільш ймовірних наступних положень. Нові (поточні) координати порівнюються з цією областю, і всі значення, що опиняються поза її межами, відсіюються. Іншими словами, координати, які не узгоджуються з припущеною траєкторією й, вірогідно, є наслідком обчислювальної похибки, вилучаються.

З огляду на те, що обробка даних і прийняття рішень здійснюються повністю автоматично (без втручання людини), алгоритми повинні бути стійкими до змін масштабу, кута огляду (наприклад, при маневруванні), орієнтації об'єктів на поверхні відносно напрямку руху БПЛА, освітленості та різного роду шумів. Водночас, обов'язковою вимогою до алгоритму є забезпечення режиму обробки даних в реальному часі.

**Штучний інтелект в задачах керування та позиціонування БПЛА.** Деякі аспекти виявляються надто складними для розв'язання виключно за допомогою лише класичних алгоритмів комп'ютерного зору. Водночас, значні досягнення у сфері штучного інтелекту (ШІ) можуть суттєво доповнити комп'ютерний зір у задачах позиціонування безпілотних літальних апаратів шляхом їх інтеграції для виявлення та класифікації окремих об'єктів (будівлі та споруди, дорожня інфраструктура тощо) на зображенні. Перевагами такого поєднання є більш швидка і точна робота алгоритмів для досягнення поставленої задачі.

У контексті задачі позиціонування БПЛА це означає, що класичні алгоритми КЗ у поєднанні із штучним інтелектом дозволять підвищити точність у пошуку відповідностей між зображеннями з бортової камери БПЛА та супутниковими знімками. Слід додати, що впровадження таких рішень потребує використання відповідних апаратних ресурсів для роботи у реальному часі.

**Висновки.** Застосування комп'ютерного зору з елементами штучного інтелекту дає змогу розв'язати задачу позиціонування безпілотних літальних апаратів в умовах відсутності сигналу супутникових систем навігації. Класичні методи дозволяють визначати координати БПЛА, ґрунтуючись виключно на візуальних даних. В свою чергу, алгоритми ШІ доповнюють ці методи, здійснюючи швидку класифікацію та відбір релевантних ділянок зображення для подальшої детальної обробки. Така інтеграція відкриває шлях до створення автономних навігаційних систем, стійких до зовнішніх перешкод і здатних до роботи в режимі реального часу.

#### **Список використаних джерел**

1. Naserizadeh F., Jafari A. Comparison of feature-based algorithms for large-scale satellite image matching. *Computational Methods for Differential Equations*. 2024. 13(1). P. 142-156.
2. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. SURF: Speeded Up Robust Features. In: Leonardis A., Bischof H., Pinz A. (eds) *Computer Vision – ECCV 2006. ECCV 2006. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. 3951.
3. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., Bradski G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*. 2011. P. 2564–2571.

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ЕКОНОМІЦІ

Карпець Е.П., [eleonora.karpets@gmail.com](mailto:eleonora.karpets@gmail.com),

Кікоть Г.Ф., Панасенко С.В.

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Оптимальний розподіл фінансових надходжень до Фонду загальнообов'язкового державного соціального страхування на випадок безробіття (далі – Фонду) потребує оптимізації та регулювання відповідних фінансових потоків з метою збільшення активних заходів на ринку праці. В умовах війни перед ринком праці України виникли надзвичайні виклики: втрата кваліфікованих кадрів унаслідок міграції та мобілізації н фоні підвищення рівня безробіття (особливо серед внутрішньо переміщених осіб). Це ознаки загострення структурного безробіття в країні.

Імовірісно-автоматний підхід розроблено в Інституті кібернетики НАН України, зокрема в працях Бакаєва А. А., Костіної Н. І. та Яровицького Н. В. [1- 2]. В подальшому метод імовірісно-автоматного моделювання активно розвивали та застосовували для адекватного відтворення як соціально-економічних систем і процесів, так і потоків в банківсько-фінансовій сфері [3-5]. Якщо питання моделювання динаміки ринку праці останнім часом детально розроблені, в тому числі й співробітниками Інституту кібернетики НАН України (ІК НАНУ) [3], то питання адекватного регулювання фінансового забезпечення бюджетних заходів на ринку праці чекає свого вирішення. Як один з можливих варіантів нами пропонується підхід з позицій імовірісно-автоматного моделювання.

В практиці моделювання регіонального ринку праці пропонується виділяти три рівні моделювання системи :

1) прогнозування агрегованих пропорцій між попитом та пропозицією робочої сили в регіоні, ґрунтуючись на прогнозі регіонального попиту та зовнішньоекономічній інформації (субмодель І - макрорівень) ;

2) прогнозування механізму функціонування регіонального ринку праці на базі інформації про структуру попиту на робочу силу та визначених загальних тенденцій співвідношення попиту та пропозиції (субмодель II - мезорівень).

3) прогнозування соціально-економічних процесів на рівні підприємств (галузей) для визначення масштабів та структури попиту на регіональному ринку праці (субмодель III - мікрорівень) [3].

Для визначення досліджуваних процесів як механізму переходу системи з одного стану в інший, імітуємо рух фінансових коштів будь-якого рівня за допомогою таких елементів моделювання, як *системи імовірнісних автоматів*. Для побудови досить складної моделі задають систему імовірнісних автоматів, об'єднання яких відбувається через ототожнення вихідних сигналів одних автоматів з вхідними сигналами інших.

Визначено систему формування цільових фінансових надходжень до Фонду та напрями їх руху згідно стратегічним заходам державної політики з регулювання ринку праці. *Метою дослідження* даної системи є досягнення оптимального співвідношення між обмеженим надходженням коштів на певні першочергові заходи щодо політики на ринку праці та збільшенням витрат в разі підвищення соціально-демографічного навантаження на систему в умовах війни.

Щоб задати *автоматну модель* системи, введемо такі значення [4]:

$a_i(t)$  — обсяг накопичених фінансових коштів Фонду, призначений відповідно на заходи пасивної ( $i=1$ ) й активної ( $i=2$ ) політики на ринку праці в момент часу  $t$ ;  $b_i(t)$  — потреби ринку праці у коштах на здійснення заходів пасивної ( $i=1$ ) й активної ( $i=2$ ) політики в момент  $t$ ;  $d_i(t)$  — обсяг відповідного фінансування, що надійшло за проміжок часу  $(t; t+1)$ ;  $c_i(t)$  — потреби ринку праці у коштах на здійснення відповідних заходів за проміжок часу  $(t; t+1)$ ;  $f(t)$  — показник режиму надходження фінансових коштів на відповідні заходи політики на ринку праці в момент часу  $t$ , тобто  $f(t)=0$ , якщо в момент  $t$  фінансування відбувається у підвищеному режимі, та  $f(t)=1$ , коли режим надходження занижений.

Значення випадкових величин  $a_i(t)$ ,  $b_i(t)$ ,  $c_i(t)$ ,  $d_i(t)$ ,  $f(t)$  є внутрішнім станом автоматів відповідно А, В, С, D, F. Динаміку зміни *значень внутрішніх станів* цих автоматів записуємо як систему незалежних від'ємних стохастичних рівнянь.

Визначено також індикатори та вихідні параметри моделі, вводячи такі значення:  $e(t)$  — значення режиму інтенсивності фінансування, узятє з запізненням на одиницю часу;  $r_1(t)$  — проміжок часу, що пройшов від останньої зміни режиму надходження фінансів до моменту  $t$ ;  $r_2(t), (r_3(t))$  — накопичена за час  $(0, t]$  кількість періодів підвищеного  $U_0$  (зниженого  $U_1$ ) режиму;  $r_4(t), (r_5(t))$  — накопичений за інтервал  $(0, t]$  сумарний час перебування системи в підвищеному (зниженому) режимі;  $r_6(t), (r_7(t))$  — наближене значення математичного очікування проміжку підвищеного  $U_0$  (зниженого  $U_1$ ) режиму фінансування;  $r_8(t)$  — частка часу знаходження системи в стані підвищеного режиму;  $s_0(t)$ , накопичені за час  $(0, t]$  значення додаткових витрат на допомогу безробітним, які не були працевлаштовані (або не змогли розпочати власного бізнесу) на суму вище заданого рівня  $\alpha_0$ ;  $s_1(t)$  — накопичені за час  $(0, t]$  значення бюджетних заощаджень вище заданого рівня  $\alpha_1$  від зняття з обліку працевлаштованих громадян понад заплановані показники;  $s_2(t)$  — значення математичного очікування збитків від додаткових витрат на допомогу безробітним, які не були працевлаштовані (або не змогли розпочати власного бізнесу) на суму вище заданого рівня  $\alpha_0$ ;  $s_3(t)$  — значення математичного очікування накопичених бюджетних заощаджень вище заданого рівня  $\alpha_1$  від зняття з обліку працевлаштованих громадян понад заплановані показники;  $s_4(t)$  — математичне очікування сумарних витрат по системі за одиницю часу;  $t(t)$  — номер поточної одиниці часу,  $t$  — ціле.

Таким чином, ми визначили внутрішній стан 15 автоматів ( $E, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T$ ), котрі становлять вихідні дані моделі та її індикатори.



Розроблена імовірісно-автоматна модель може використовуватися для:

- оптимізації певних фінансових коштів регіонального бюджету, які необхідно витратити на заходи по збалансуванню структури попиту та пропозиції в межах регіонального ринку праці;
- оцінки структури коштів фонду зайнятості, призначених на заходи активної та пасивної політики на регіональному ринку праці;
- оцінки ефективності функціонування регіонального ринку праці при обраній структурі витрат та механізмі працевлаштування.

#### **Список використаних джерел**

1. Яровицкий Н.В., Костина Н.И. Вероятностные автоматы и имитационное моделирование. *Кибернетика и системный анализ*. 1993. №3. С. 20-30
2. Бакаев А. А., Костіна Н. І., Яровицький Н. В. Имитационные модели в экономике. К. : Наукова думка. 1978. 300 с.
3. Карпець Е.П. Імітаційне моделювання керування рухом бюджетних коштів ринку праці. *Автоматика 2024: Тези XXVII Міжнародної конференції з автоматичного керування* (20-22 листопада 2024 р. Дніпро, Україна). Дніпро : ДНУ, 2024. С. 117-118.
4. Карпець Е.П. Імітаційне моделювання регіонального ринку праці : Дис. канд.екон.наук. 1996. 151 с.
5. Kostina N.I. Automaton Modeling as an Instrument for the Forecasting of Complex Economic Systems. *System Dynamics Society*. (July 20–24, New York City, USA). 2003. P. 135–145.
6. Комерційні банки : моделювання діяльності та прогноз: монографія / Н. І. Костіна, С. В. Сучок ; Держ. податкова адміністрація України, Нац. ун-т держ. податкової служби України. Ірпінь : НУДПСУ. 2010. 224 с.

## ВЕБ-БАЗОВАНА ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА З ОНТОЛОГО-КЕРОВАНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

Касім А., [aneesa.qasem@gmail.com](mailto:aneesa.qasem@gmail.com),

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Геоінформаційні системи (ГІС) є критичним інструментом для аналізу, візуалізації та управління геопросторовими даними в різноманітних предметних областях [1-3]. Традиційні ГІС зазвичай використовують статичні моделі даних, що обмежують їхню гнучкість і здатність до адаптації з урахуванням семантики прикладних задач. Впровадження онтологій у ГІС дозволяє організувати:

- семантичне об'єднання даних з різних джерел;
- автоматизацію обробки через формалізоване подання знань;
- забезпечення інтероперабельності для багатокомпонентних систем.

**Метою роботи** є створення веб-базованої ГІС із використанням онтологічного підходу для побудови архітектури, що підтримує інтелектуалізовану обробку даних заданої предметної області у реальному часі.

**Концептуальна архітектура системи** складається з чотирьох основних компонентів: 1) онтологічний шар, який використовує мову OWL (Ontology Web Language) для опису концептів предметної області і відношень (взаємозв'язків) між ними та реалізує відповідні онтології для моделювання геоданих за допомогою мови запитів GeoSPARQL; 2) шар даних і метаданих – забезпечує зберігання структурованих і неструктурованих даних у сховищах RDF/SPARQL, а також підтримку стандартизованих форматів обміну даними (GeoJSON, GML); 3) шар семантичного пошуку і обробки даних – інтегрує інтелектуальні пошукові механізми із використанням онтологічних правил та автоматизованої генерації SPARQL-запитів для доступу до даних; 4) шар візуалізації та інтерфейсу користувача – передбачає застосування веб-технологій (OpenLayers, Leaflet) для інтерактивної візуалізації геоданих та розробку динамічних інтерфейсів, побудованих з використанням фреймворків (Angular, React).

Варіант спрощеної структури OWL-онтології для ГІС, яка містить інформацію про геопросторові об'єкти, їх властивості, просторові відношення та взаємодії представлено нижче:

```

prefix ex: <http://example.com/gis#> .

# Клас для географічного об'єкта
ex:GeospatialObject a owl:Class .

# Клас для конкретних об'єктів (наприклад, міст, доріг)
ex:City a ex:GeospatialObject .
ex:Road a ex:GeospatialObject .

# Властивості для різних типів просторових відношень
ex:hasCoordinates a owl:ObjectProperty ;
    rdfs:domain ex:GeospatialObject ;
    rdfs:range xsd:string .

ex:hasArea a owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain ex:GeospatialObject ;
    rdfs:range xsd:float .

ex:hasDistance a owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain ex:Road ;
    rdfs:range xsd:float .

```

Опис класів і властивостей: ex:GeospatialObject – загальний клас для всіх геопросторових об'єктів, таких як міста, дороги, річки тощо; ex:City і ex:Road – конкретні типи геопросторових об'єктів, що можуть бути визначені в системі; ex:hasCoordinates – властивість, що описує координати об'єкта; ex:hasArea – властивість для опису площі геопросторового об'єкта; ex:hasDistance – властивість для вимірювання відстані між точками на дорозі.

Онтологія в цьому випадку слугує для забезпечення спільного семантичного фреймворку, що дозволяє різним компонентам ГІС взаємодіяти, використовуючи спільні концепти і визначення, зумовлені особливостями предметної області. До створеної онтології можна звертатись за допомогою SPARQL-запитів, які дають змогу вибирати і фільтрувати геопросторові дані з

RDF-сховища, використовуючи онтологічні властивості та класи. Так, запит для отримання всіх доріг та їхніх координат, де відстань перевищує задане значення, матиме вигляд:

```
SELECT ?road ?coordinates ?distance
WHERE {
    ?road a ex:Road.
    ?road ex:hasCoordinates ?coordinates.
    ?road ex:hasDistance ?distance.
    FILTER (?distance > 50)
}
```

**Технологічна реалізація** має на увазі базувати таку систему на трирівневій архітектурі, що включає три рівні:

1. Клієнтський рівень (веб-інтерфейс для взаємодії з користувачем, інтерактивна карта та аналітичні панелі).
2. Серверний рівень (API для обробки геозапитів на основі RESTful сервісів; онтологічні механізми, реалізовані за допомогою Apache Jena чи Protégé).
3. Рівень зберігання даних (RDF-сховища для управління онтологіями та семантичними даними; геоорієнтовані бази даних (PostGIS, MongoDB)).

**Переваги** веб-базованої ГІС із онтолого-керованою архітектурою полягають в наступному:

- інтеграція даних із різних джерел завдяки семантичній сумісності;
- інтелектуальний аналіз, який надає можливість використання онтологічних правил для автоматизації процесів;
- розширюваність через легке адаптування нових концептів і джерел даних до існуючої моделі «концепти-відношення-функції інтерпретації-аксіоми»;
- підтримка реального часу, ефективна обробка потоків даних віддаленого моніторингу, а також даних IoT.

**Прикладами застосування** системи можуть слугувати такі сфери:

- моніторинг навколишнього середовища – інтеграція сенсорних даних з IoT-пристроїв для аналізу екологічного стану;

- міське планування – створення інтерактивних карт для моделювання транспортної інфраструктури;
- відстеження переміщень наземних рухомих об'єктів (таксі, доставка, вантажні перевезення, евакуатори тощо), в тому числі для цифрової логістики [1];
- агропромисловий комплекс – моніторинг врожаїв та оптимізація використання агроресурсів на основі концепції цифрового землеробства [2].

**Висновки.** Запропонована веб-базована геоінформаційна система з онтолого-керованою архітектурою забезпечує новий рівень гнучкості та інтелектуальності у роботі з геопросторовими даними, характерними для визначеної предметної області. Використання онтологій окремим архітектурним шаром сприяє семантичному узгодженню даних, розширюваності системи та підтримці інтерактивного інтелектуалізованого аналізу у реальному часі. Подальші дослідження мають зосереджуватись на інтеграції з AI-алгоритмами для підвищення автоматизації та точності задач прогнозування.

#### Список використаних джерел

1. Kasim A. M. Ontologo-controlled geoportal for modeling problems of navigation and control of different types of moving objects, Materials of the XI International Scientific and Practical Conference "*Glushkov Readings*" (26 October, 2023, Kyiv, Ukraine). 2023. P. 61-64.
2. Касім А. М. Архітектура онтологічного програмного модуля для знання-орієнтованої геоінформаційної системи смарт землеробства. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2016. № 15. С. 162-166.
3. Касім А. М. Формальна модель синтезованого екранного образу динамічної обстановки в районах моніторингу рухомих об'єктів та її імплементація у веб-орієнтовану геоінформаційну систему. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. Т. 53. № 1. С. 145- 159.

## ПРОБЛЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДУ В КВАНТОВОМУ КРИПТОАНАЛІЗІ

Котух Є.В., [yevgenkotukh@gmail.com](mailto:yevgenkotukh@gmail.com)

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

Алгоритми пошуку квантового періоду є важливою проблемою для квантових обчислень, особливо в задачах, де періодичність відіграє ключову роль, наприклад, алгоритм Шора (для цілочисельної факторизації). Особливий інтерес викликає знаходження періодів в прикладних задачах, що теоретично є більш складними для реалізації на квантових обчислювачах. Таким прикладом є специфічні завдання факторизації (як приклад, логарифмічні підписи) в групах. Алгоритми пошуку використовують принципи квантової суперпозиції та інтерференції, щоб знайти період даної функції експоненціально швидше, ніж класичні алгоритми. Алгоритм Шора [1] використовує квантове перетворення Фур'є (QFT) для ідентифікації періоду даної функції, підхід, який став основою для багатьох квантових алгоритмів, що вирішують криптографічні проблеми. Алгоритм пошуку періоду є ключовим для ефективного вирішення таких проблем, як цілочисельна факторизація, яка є центральною для зламу RSA. Це викликало інтерес до квантово-стійких криптографічних систем [2-3]. Класичні алгоритми для пошуку періоду, такі як  $\rho$ -алгоритм Полларда, мають значні обмеження, коли йдеться про обробку великих вхідних даних.  $\rho$ -алгоритм Полларда, хоч і ефективний для певних циклічних групових структур, працює з експоненціальною складністю часу, що робить його непрактичним для більших екземплярів [4]. Класичні методи грубої сили також неможливі для великих періодів, оскільки вони вимагають перевірки кожного можливого введення, доки не буде знайдено повторення, зі складністю  $O(T)$ , де  $T$  — період.

Хоча квантові алгоритми показали великий успіх з абелевими групами, неабелевий випадок залишається набагато складнішим. Неабелеві групи, такі як групи Сузукі, Ерміта та  $P_i$ , є більш складними через їх багатовимірні представлення та некомутативний характер їхніх елементів. Ці властивості

роблять застосування квантових алгоритмів, особливо алгоритмів пошуку періоду, експоненціально складнішим [3].

Наприклад, група Сузукі є неабелевою простою кінцевою групою типу Лі зі скрученою структурою Шевалле. Квантові алгоритми для знаходження періоду борються з цими групами, тому що їхня теорія представлення є набагато більш залученою, і для таких груп не існує ефективної QFT [6]. Подібні проблеми спостерігаються з ермітовими (унітарними) і групами  $P_i$ , де періодичність прив'язана до власних значень матриці або скручених автоморфізмів, а поточні квантові методи не пропонують ефективних рішень [8].

### **Визначення проблеми.**

Проблему знаходження квантового періоду можна описати так:

Дано функцію  $f: \mathbf{Z} \rightarrow G$ , де  $G$  є деяка група, яка є періодичною з періодом  $r$  (тобто  $f(x) = f(x+r)$  для всіх  $x \in \mathbf{Z}$ ), завдання полягає в тому, щоб визначити період  $r$ .

### **Кроки в алгоритмі пошуку квантового періоду:**

*Крок 1 Суперпозиція.* Ініціалізуємо квантовий регістр у суперпозиції всіх

можливих входів  $|x\rangle$ , де  $x \in \mathbf{Z}$ :  $\frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} |x\rangle$

*Крок 2. Оцінка функції.* Використовуємо квантовий оракул для обчислення

функції  $f(x)$ , поєднуючи результат із вхідними даними:  $\frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} |x\rangle |f(x)\rangle$

Мета полягає в тому, щоб виміряти  $r$  період  $f(x)$ .

*Крок 3. Квантове перетворення Фур'є.* Застосуйте QFT до першого регістру

(який містить суперпозицію вхідних даних):  $\frac{1}{\sqrt{r}} \sum_{k=0}^{r-1} e^{2\pi i k x / r} |k\rangle$

QFT виявляє частотні компоненти функції, надаючи інформацію про періодичність.

*Крок 4. Вимірювання.* Після застосування QFT виміряємо стан системи. З високою ймовірністю результат дасть кратне  $1/r$ , що дозволить вам визначити період  $r$ .

Запропонуємо на розгляд практичний приклад, що використовує симулятор Qiskit (IBM). Опишімо формально послідовність дій наступним чином:

1. Маємо функцію  $f(x) = a^x \bmod N$
2. Період  $r$  - це найменше додатне число, при якому  $f(x) = f(x + r)$  для всіх  $x$
3. Для прикладу, наводимо  $a = 7$  і  $N = 15$ , та маємо послідовність: 7, 4, 13, 1, 7, 4, 13, 1, ...
4. Період в даному випадку дорівнює 4, бо послідовність повторюється кожні 4 числа

Розберемо реалізацію квантової схеми для пошуку періоду з використанням бібліотеки qiskit: створимо два регістри кубітів: один для підрахунку (count) і один допоміжний (aux), застосуємо перетворення Адамара (H-gates) для створення суперпозиції, виконаємо модульне множення, контрольоване кубітами підрахунку, застосуємо зворотне квантове перетворення Фур'є та вимірюємо результат.

В цьому випадку зворотне квантове перетворення Фур'є перетворює фазову інформацію в вимірювані стани, використовуючи вентиля Адамара (H) та контрольовані фазові повороти. Для перевірки обчислюємо послідовність  $a^x \bmod N$ , знаходимо період класичним способом та порівнюємо з квантовим результатом. Для  $a = 7$ ,  $N = 15$ , маємо:

$$x = 0: 7^0 \bmod 15 = 1$$

$$x = 1: 7^1 \bmod 15 = 7$$

$$x = 2: 7^2 \bmod 15 = 4$$

$$x = 3: 7^3 \bmod 15 = 13$$

$$x = 4: 7^4 \bmod 15 = 1 \quad \# \text{Період знайдено}$$

$$x = 5: 7^5 \bmod 15 = 7$$

Цей алгоритм демонструє квантову перевагу над класичними алгоритмами. Багато квантових алгоритмів для HSP спираються на принципи визначення періоду. Для абелевих груп складність залишається поліноміальною, але для



неабелевих груп складність значно зростає (часто стає експоненціальною), оскільки квантове перетворення Фур'є стає важчим для інтерпретації. Потрібні подальші дослідження, щоб розкрити весь потенціал квантових алгоритмів для неабелевих структур, але наразі квантові алгоритми, такі як Шора та Саймона, залишаються найпотужнішими інструментами для пошуку періоду в абелевих налаштуваннях. Основна проблема у застосуванні квантових алгоритмів для проблеми прихованих підгруп (HSP) у неабелевих групах пов'язана зі складністю ефективного вилучення інформації про підгрупи за допомогою квантових перетворень Фур'є. У випадку абелевих груп алгоритм Шора та пов'язані з ним методи досягають успіху завдяки здатності виконувати ефективну квантову вибірку за Фур'є, яка фіксує достатньо інформації для ідентифікації прихованої підгрупи. Однак у неабелевих групах квантове перетворення Фур'є стає значно складнішим, оскільки уявлення груп більше не є одновимірними. Ця складність призводить до труднощів з ефективним обчисленням або інтерпретацією квантових зразків Фур'є, які поширені у просторах вищої розмірності. Як наслідок, існуючим квантовим алгоритмам важко визначити приховані підгрупи в неабелевих групах, особливо коли підгрупа не є нормальною або легко виділяється. Більше того, неабелев HSP включає знамениті складні проблеми, такі як ізоморфізм графів, де проблема прихованих підгруп для симетричних груп, як відомо, є важкою.

Спроби узагальнити успішні абелеві методи на неабелеві випадки часто призводять до неповних або неоптимальних рішень, що вимагає нових квантових алгоритмічних методів або розуміння теорії представлень. Крім того, неабелеві групи можуть проявляти більш складну та непередбачувану поведінку під час вибірки квантових станів, що ускладнює зусилля з розробки ефективних алгоритмів.

### Список літератури

1. Shor P. W. Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer. *SIAM Journal on Computing*. 1997. 26(5). P. 1484–1509. DOI: [10.1137/S0097539795293172](https://doi.org/10.1137/S0097539795293172)
2. Nielsen M. A., Chuang I. L. Quantum Computation and Quantum Information. *Cambridge University Press*. 2002. <https://shorturl.at/09toE>
3. Watrous J. Quantum Computational Complexity. In: Meyers R. (eds) *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. Springer, New York, NY. 2009. DOI: [10.1007/978-0-387-30440-3\\_428](https://doi.org/10.1007/978-0-387-30440-3_428)
4. Pollard J. M. A Monte Carlo method for factorization. *BIT Numerical Mathematics*. 1975. 15(3). P. 331–334. DOI: [10.1007/BF01933667](https://doi.org/10.1007/BF01933667)
5. Simon D. R. On the Power of Quantum Computation. *Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*. 1994. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/365701>
6. Roetteler M., Beth T. Polynomial-time solution to the hidden subgroup problem for a class of non-abelian groups. 1998. URL: <https://arxiv.org/abs/quant-ph/9812070>
7. Kuperberg G. A subexponential-time quantum algorithm for the dihedral hidden subgroup problem. *SIAM Journal on Computing*. 2005. 35(1). P. 170–188. DOI: [10.1137/S0097539703436345](https://doi.org/10.1137/S0097539703436345)
8. Hallgren S., Russell A., Ta-Shma A. The hidden subgroup problem and quantum computation using group representations. *SIAM Journal on Computing*. 2003. 32(4). P. 916–934. DOI: [10.1137/S0097539701391800](https://doi.org/10.1137/S0097539701391800)
9. Bernstein D. J., Lange T. Post-quantum cryptography. *Nature*. 2017. 549(7671). P. 188–194. URL: <https://www.nature.com/articles/nature23461>
10. Regev O. On lattices, learning with errors, random linear codes, and cryptography. *Journal of the ACM*. 2005. 56(6). P. 1–40. DOI: [10.1145/1568318.1568324](https://doi.org/10.1145/1568318.1568324)
11. Peikert, C. A decade of lattice cryptography. *Foundations and Trends in Theoretical Computer Science*. 2016. 10(4). P. 283–424. <https://shorturl.at/0CFgn>
12. Kotukh Y., Khalimov G. Hard Problems for Non-abelian Group Cryptography. *Computer and Information systems and technologies*. DOI: [10.30837/csitic52021232176](https://doi.org/10.30837/csitic52021232176)
13. Kotukh Y., Khalimov G. Towards practical cryptanalysis of systems based on word problems and logarithmic signatures. *Information security: problems and prospects*. URL: <https://shorturl.at/IaByX>
14. Kotukh Y., Khalimov G. Advantages of logarithmic signatures in the implementation of crypto primitives. *Challenges and Issues of Modern Science*. URL: <https://cims.fti.dp.ua/j/article/download/119/158>
15. Kotukh Y. Quantum cryptanalysis of prospective asymmetric cryptosystems. *Proceedings of conference “Cybersecurity in energy sector”*. URL: <https://shorturl.at/lpbck>

## ДЕТЕКЦІЯ АНОМАЛІЙ ТА ЗАГРОЗ У ВЕЛИКИХ БІЗНЕСОВИХ ДАНИХ

**Краснюк М.Т.,** [krasnyuk@kneu.edu.ua](mailto:krasnyuk@kneu.edu.ua)

*Київський Національний Університет імені Вадима Гетьмана*

**Науменко М.А.,** [maxim.naumenko@ukr.net](mailto:maxim.naumenko@ukr.net)

*Національний Університет Харчових Технологій*

Виявлення аномалій і шахрайства є критично важливим для бізнесу, щоб запобігти фінансовим втратам, захистити цілісність даних і зберегти довіру клієнтів, особливо в сучасних умовах мультимодальних і багаторівневих кризових явищ. Використовуючи вдосконалені методи обробки та інтелектуального аналізу великих даних, організації/корпорації та окремі компанії/підприємства можуть вчасно виявляти незвичайні, неочікувані, періодичні закономірності/шаблони, які можуть вказувати як на суб'єктивні загрози (зловживання, шахрайство, корупцію, саботаж, тероризм), так і на об'єктивні загрози (неефективність та/або несправність обладнання, нестача персоналу та/або його кваліфікації, мотивації персоналу тощо).

*Ключові методи/алгоритми для ефективного виявлення/детекції аномалій і загроз у бізнесових даних:*

1. Системи на основі правил (використовують попередньо визначені правила та порогові значення; часто використовуються для виявлення в реальному часі в нескладних системах зі структурованими даними).
2. Класичні статистичні методи (детекція викидів на основі статистичних розподілів, z-показників або інтерквартильних діапазонів тощо);
3. Спеціалізовані методи/алгоритми аналізу часових рядів для виявлення саме часових аномалій;
4. Машинне навчання (спочатку варто використовувати НЕконтрольовані методи машинного навчання для НЕмаркованих даних (K-Means, DBSCAN, PCA тощо); надалі - контрольовані методи (випадкові ліси дерев рішень, дерева з посиленням градієнта, SVM для бінарних даних тощо), якщо доступні повністю позначені/марковані дані; АЛЕ варто використовувати НАПІВконтрольовані методи - для великих і динамічних даних (тобто спочатку використовується

невеликий набір даних з мітками, а в подальшому – його результати використовуються для більшого набору вхідних Немаркованих даних); і нарешті глибоке навчання виключно з використанням спеціалізованих архітектур глибоких нейронних мереж (автокодувальники: виявлення аномалій шляхом реконструкції вхідних даних і позначення великих помилок реконструкції; повторювані нейронні мережі (RNN): аналіз послідовних даних, таких як транзакції часових рядів; генеративні змагальні мережі (GAN): вивчення звичайних моделей і виявлення відхилень тощо).

5. Гібридні підходи - комбінування методів на основі правил, класичного машинного навчання та глибокого навчання. Гібридні методи виявлення аномалій у великих даних поєднують різні методи, щоб використовувати їхні індивідуальні переваги, досягаючи кращої продуктивності, масштабованості та надійності. Зокрема, рекомендується використання наступних комбінованих гібридних стратегій виявлення аномалій у великих даних:

- послідовні підходи: варто застосовувати один метод для попереднього фільтрування аномалій (наприклад, статистичні методи), а інший – для їх детального аналізу (наприклад, моделі символічного/класичного машинного навчання);

- ансамблеве машинне навчання: передбачає поєднання кількох моделей (наприклад, посилення або пакетування) для підвищення надійності та точності;

- гібридні інфраструктури: передбачає об'єднання статистичних методів/алгоритмів, машинного навчання та спеціалізованої предметної евристики (баз правил, баз прецедентів) в єдиний конвеєр аналізу даних.

Наведемо приклади таких гібридних інфраструктур для ефективної детекції аномалій у великих бізнесових даних:

- застосування класичних методів математичного статистичного аналізу + машинне навчання передбачає використання статистичних методів для позначення потенційних аномалій і моделі машинного навчання для перевірки або вдосконалення їх виявлення;

- використання архітектур автокодерів + кластеризації (автокодери зменшують розмірність і реконструюють дані, виділяючи помилки реконструкції як аномалії а саме методи кластеризації, такі як DBSCAN, потім уточнюють групи аномалій у вхідних великих даних);

- використання правило-орієнтованих алгоритмів/методів + глибокого машинного навчання (методи інтелектуального аналізу даних у вигляді правил продукції швидко виявляють відомі шаблони у структурованих бізнесових даних, тоді як моделі глибокого навчання досліджують складніші або приховані аномалії у неструктурованих великих даних);

- використання в режимі «відра моделей» комбінації дерев рішень, нейронних мереж і кластеризації для максимально повного виявлення аномалій всіх типів.

*Основні технологічні рішення для ефективного виявлення/детекції аномалій і загроз у бізнесових даних:*

1. Пакетна обробка для історичного аналізу (варто аналізувати ВСІ збережені дані, щоб виявити виникнення нових можливих моделей шахрайства з плином часу - це ефективно у разі ad-hoc потреби отримання нових аналітичних зведень та для оновлення існуючих правил та моделей;

2. Системи виявлення в реальному часі (варто використовувати спеціалізовані платформи аналізу великих потокових даних для ефективного (якісного та вчасного) виявлення шахрайства в міру його виникнення);

3. Розподілені і паралельні ефективні обчислення великих потокових та пакетних даних (зокрема, варто використовувати технологію Map Reduce на етапах попередньої обробки вхідних великих даних, платформи, як Hadoop або Spark, для ефективного аналізу та аналітики великих наборів даних в режимі виявлення аномалій тощо);

4. Виявлення аномалій у графових великих даних (наприклад незвичних невеликих кластерів, з'єднань тощо)

5. Пояснюваний штучний інтелект (XAI): актуальним є використання не тільки глибоких нейронних мереж, але і використання класичних методів

машинного навчання з метою отримання зрозумілих можливих пояснень для виявлених аномалій (у окремих цілих кластерах, у окремих повних кортежах даних, у окремих значеннях вхідних та/або вихідних атрибутів, аномальних ребрах у графових даних тощо), які є критично важливих як для дотримання можливих нормативних вимог, так і для розуміння та довіри до результатів – з метою подальшого прийняття обґрунтованого управлінського рішення.

*Етапність технології виявлення аномалій і загроз у великих даних:*

а) Пошук, збір/вилучення вхідних даних з кількох джерел (структурованих, напівструктурованих та НЕструктурованих великих даних різних форматів, з різним рівнем шуму, різною точністю як вхідних атрибутів, так і вихідних);

б) Попередня обробка даних (помірковане очищення, дуже помірковане (тільки за критичної потреби) скорочення розмірності даних, збалансована нормалізація та інші типи трансформації/перетворень вхідних великих даних з урахуванням не просто їх подальшого аналізу та аналітики, але саме з урахуванням подальшого ефективного виявлення максимальної кількості аномалій);

в) Розробка/вилучення функцій (англ. feature extraction) та інжиніринг ознак (англ. feature engineering) – вилучення/розробка функцій, необхідних для подальшого продуктивного та одночасно максимально повного виявлення аномалій у Великих Вхідних Даних (особливо для потокових даних) саме переважно у автоматизованому режимі – зокрема і з використанням функціоналу зовнішніх шарів глибоких нейронних мереж;

г) Моделювання з метою виявлення аномалій у великих даних в режимі КОНВЕЄРУ (наприклад: спочатку застосування статистичних методів для початкового скринінгу; потім - використання кластеризації для групування подібних даних; надалі - тренування/навчання моделі класичного машинного навчання або глибокої нейронної мережи для більш точної класифікації аномалій; нарешті – використання гібридних підходів/прийомів для інтерпретації отриманих результатів та, навіть, і для прогнозування виникнення/появи майбутніх можливих аномалій.

е) Розгортання (інтеграція отриманих/тренованих моделей у корпоративні інформаційні системи для виявлення аномалій і в режимі реального часу, і в режимі пакетного виявлення);

ф) Зворотній зв'язок щодо раніше навчених/тренованих моделей та поступове машинне навчання (англ. incremental machine learning) – постійний моніторинг результатів та планове або ad-hoc перенавчання моделей з використанням нових порцій даних (зокрема і повторно маркованих) з метою вдосконалення та адаптації вже наявних моделей).

*Поточні важливі тенденції щодо виявлення аномалій і загроз у великих даних:*

- Edge Computing (переміщує виявлення/детекцію ближче до джерел даних для швидшого часу відгуку);

- Виявлення аномалій та загроз з використанням штучного інтелекту (з використанням передових моделей штучного інтелекту (наприклад, використання глибоких неймереж типу трансформер для аналізу різноманітних і складних багатовимірних наборів великих даних);

- Поведінкова біометрія (поєднує дані про поведінку користувачів (наприклад, швидкість набору тексту, геолокацію використання пристрою) із традиційними методами виявлення аномалій та загроз);

- Федеративне машинне навчання (забезпечує спільне але знеособлене виявлення аномалій та загроз між різними організаціями, компаніями та корпораціями без обміну конфіденційними даними).

*Можливі проблеми та труднощі у виявленні/детекції аномалій та загроз у великих бізнесових даних:*

- Обсяг і швидкість даних: системи великих даних повинні обробляти й аналізувати мільйони транзакцій або подій за секунду в режимі реального часу (зокрема варто використовувати такі фреймворки, як Apache Kafka, Apache Spark і Flink, часто використовуються для потокової обробки та аналізу великих даних);

- Змагальний характер шахрайства: шахраї постійно вдосконалюють тактику, вимагаючи адаптивних і надійних моделей;

- Різноманітність даних: включає структуровані дані (наприклад, транзакції), напівструктуровані дані (наприклад, дописи користувачів) і неструктуровані дані (наприклад, аудіо записи, відео файли, фото).

- Проблеми з якістю та репрезентативністю великих даних: шум у даних, відсутні значення, викривлення окремих вхідних атрибутів чи їх окремих значень, інші невідповідності/зміщення у вибірках даних можуть значно вплинути на точність систем виявлення аномалій у великих даних.

*Основні сфери застосування режиму виявлення / детекції аномалій та загроз у великих даних: фінанси (виявлення шахрайських транзакцій, шахрайства з кредитними картками або відмивання грошей; моніторинг незвичайних моделей у торговій діяльності); електронна комерція (виявлення фальшивих відгуків, захоплення облікових записів або незвичних моделей купівлі); охорона здоров'я (виявлення страхового шахрайства або незвичайної практики виставлення рахунків); телекомунікації (виявлення шахрайства з передплатою або аномалій у моделях використання; кібербезпека (виявлення несанкціонованого доступу, DDoS-атак або незвичайної активності в мережі) тощо.*

*Автори наголошують на актуальності та важливості розробки та використання гібридних неопуклих ансамблевих технологій детекції аномалій у великих даних, причому з функціоналом проактивності.*



## ПРО ЗАХИСТ ДАНИХ У ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ПЛАТЕЖІВ НА ПЛАТФОРМІ STRIPE

Крячок О.С., [alexandrkriachok@gmail.com](mailto:alexandrkriachok@gmail.com),

Правдохіна К.А., [kristpravda@gmail.com](mailto:kristpravda@gmail.com)

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ*

Акумуляція коштів для реалізації екологічних ініціатив стає дедалі важливішою задачею, яка, водночас, стикається з викликами у сфері захисту даних, такими як витік інформації, шахрайство та втрата довіри користувачів. Ці ризики є особливо критичними для проєктів, що значною мірою залежать від громадської підтримки. Для їх вирішення була створена програмна платформа, яка інтегрує платіжну систему Stripe, відому високим рівнем захисту даних. Stripe забезпечує безпечну обробку фінансових транзакцій і захист персональної інформації, що робить її ідеальним вибором для екологічних проєктів, які потребують підвищеної безпеки.

Ця платформа надає користувачам можливість брати участь у «голосуванні фінансовими внесками», категоризувати ініціативи за впливом на довкілля та впевнено підтримувати проєкти, маючи гарантію безпеки своїх даних і коштів. Прозорість і надійні механізми захисту даних є ключовими для запобігання шахрайству, витоку інформації та маніпуляціям, що сприяє зміцненню довіри користувачів. У перспективі планується інтеграція блокчейн-технологій, що додатково підвищить рівень прозорості та безпеки транзакцій [1].

Запропонована програмна система збору донатів для екологічних ініціатив створена з акцентом на безпеку, ефективність обробки даних і прозорість. Основою архітектури є інтеграція платіжної системи Stripe, яка виконує ключову роль у забезпеченні захисту фінансових транзакцій і персональних даних. Як відомо, Stripe використовує багаторівневу систему захисту, яка включає шифрування, токенизацію та динамічну автентифікацію.

Stripe API працює на основі протоколу TLS (Transport Layer Security), який забезпечує шифрування даних у режимі реального часу. Усі транзакції проходять

через процес токенизації, де чутливі дані (наприклад, номери карток) замінюються унікальними токенами. Ці токени генеруються на стороні застосунку Stripe і мають обмежене використання: вони можуть бути застосовані лише для конкретних транзакцій у рамках визначеного контексту. Це дозволяє уникнути збереження конфіденційної інформації на платформі та мінімізує ризики несанкціонованого доступу [2].

Платформа підтримує стандарт безпеки даних індустрії платіжних карток Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS), що є обов'язковим для всіх систем, які працюють із платіжними картками. Це включає шифрування даних під час зберігання, динамічний моніторинг доступу та регулярне оновлення протоколів безпеки. Завдяки такому підходу навіть у разі компрометації фізичних серверів дані залишаються захищеними, оскільки доступ до них можливий лише з використанням відповідних криптографічних ключів.

Для обробки даних користувачів використовується Firebase як основний інструмент для зберігання й управління інформацією в реальному часі. Firebase підтримує шифрування AES-256, що є одним із найнадійніших методів симетричного шифрування [3].

Одним із важливих аспектів системи є реалізація функції «голосування донатами», яка дозволяє користувачам підтримувати ініціативи через фінансові внески. Для зберігання даних про транзакції, рейтинги та взаємодії використовуються сервери з обмеженим доступом, розташовані в захищених дата-центрах, що відповідають стандартам ISO/IEC 27001. Усі операції з базою даних проходять через аудит логів, що забезпечує виявлення аномальних активностей.

Для захисту від маніпуляцій і шахрайства реалізовано використання механізму двофакторної автентифікації 3D Secure, що вимагає додаткового підтвердження від користувача перед завершенням платежу. Stripe також застосовує алгоритми машинного навчання для аналізу транзакцій і виявлення підозрілих операцій у реальному часі [4].

Щоб запобігти DDoS-атакам і забезпечити стабільну роботу, платформа використовує CDN (Content Delivery Network) для розподілу трафіку. Це зменшує навантаження на сервери та дозволяє обробляти запити з різних регіонів з мінімальною затримкою. Крім того, на рівні брандмауера застосовуються правила блокування підозрілих IP-адрес і обмеження частоти запитів [5].

Таким чином, безпека даних і прозорість є критичними для децентралізованих платформ, особливо тих, що підтримують ініціативи на основі пожертвувань. Інтеграція Stripe забезпечує безпечну обробку платежів завдяки шифруванню та токенизації, захищаючи особисті та фінансові дані. Для досягнення більшої прозорості планується впровадження блокчейн-рішень, які дозволять забезпечити незмінність даних і можливість перевірки транзакцій у реальному часі. Об'єднання цих технологій сприятиме зміцненню довіри до подібних систем, підвищенню активності користувачів та забезпечить довгостроковий успіх платформи, створюючи безпечне та прозоре середовище для всіх користувачів.

#### Список використаних джерел

1. Dajim L., Al-Farras S., Al-Shahrani B., Al-Zuraib A., Merlin Mathew R. Organ Donation Decentralized Application Using Blockchain Technology. 2nd International Conference on *Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*. Riyadh, Saudi Arabia. 2019. P. 1-4. DOI: [10.1109/CAIS.2019.8769459](https://doi.org/10.1109/CAIS.2019.8769459)
2. Jewell J., Marden M. The business value of the stripe payments platform. 2018. URL: <https://stripe.com/files/reports/idc-business-value-of-stripe.pdf>.
3. Rappin N. Take My Money: Accepting Payments on the Web. PragmaticBookshelf. 2017. URL: [https://books.google.co.uk/books?hl=ru&lr=&id=bA9QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT12&dq=5.%09Rappin,+N.+\(2017\).+Take+My+Money:+Accepting+Payments+on+the+Web.+Pragmatic+Booksh](https://books.google.co.uk/books?hl=ru&lr=&id=bA9QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT12&dq=5.%09Rappin,+N.+(2017).+Take+My+Money:+Accepting+Payments+on+the+Web.+Pragmatic+Booksh)
4. Avyukt A., Ramachandran G., Krishnamachari B. A decentralized review system for data marketplaces. In 2021 IEEE International Conference on *Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*. P. 1-9.
5. Avdoshin S., Pesotskaya E. Blockchain in charity: Platform for tracking donations. In *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC)*. Springer International Publishing, 2020. 2. P. 689-701

## ДО РОЗРОБКИ СЕРЕДОВИЩА ТЕСТУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

**Кузнєцов В.О., Крак Ю.В., [Iurii.krak@knu.ua](mailto:Iurii.krak@knu.ua), Куляс А.І.**

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України,*

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Останнім часом зі зростанням інтересу до Великих Мовних Моделей (ВММ) виникла потреба у визначенні спеціалізованих моделей для розв'язання задач обробки природних мов, видобутку знань, розв'язування математичних задач і проблем, а також постановки та перевірки гіпотез [1].

Оскільки кожна ВММ ґрунтується на різних наборах даних, то, відповідно, можливості мовних моделей для розв'язання окремих задач також відрізняються. Наприклад, мовні моделі, які призначені для конкретних задач (виконання інструкцій, опису зображень, написання коду, видобутку знань, перевірки гіпотез тощо) краще справляються з задачами, для вирішення яких вони були розроблені. На жаль, на ці обмеження також додатково накладається необхідність використання стандартизованого середовища для тестування мовних моделей через несумісність форматів.

Так, під час проведення одного з експериментів, присвячених вивченню довіри до систем машинного інтелекту на прикладі великих мовних моделей, одним із практичних, але досить вагомих результатів було встановлено наступне: не зважаючи на однакові архітектури, дуже важливим є формат зберігання даних. Як правило, цей формат є квантизованим, в якому задля зменшення обсягу даних виконується стиснення параметрів моделі.

На даний час існують багато форматів квантизації (стиснення) ВММ і їх збереження, проте, як виявилось, вони не завжди є сумісними між собою. Крім того, мало сумісними є і механізми уваги, та бібліотеки, які їх реалізують, наприклад *sage attention*, *flash attention* та ін. Дані бібліотеки ґрунтуються на моделі перехресної уваги. Таким чином, вони дозволяють реалізовувати механізм уваги для конкретно взятої архітектури мовної моделі, квантизації, формату збереження даних мовної моделі тощо.

Це накладає обмеження на архітектуру і формат мовних моделей в експериментах і, як наслідок, обмежує можливості тестування різних архітектур мовних моделей одночасно в рамках єдиного експерименту.

В даній роботі пропонується розробити інтегроване середовище, в якому можна одночасно тестувати мовні моделі різних форматів і типів квантизації; це включає застосування спеціально прекомпільованих бібліотек для мови Python, зокрема, таких бібліотек як sageattn, flash attention2, xformers, llama-cpp, exllama2. Для розгортання середовища було використано бібліотеку pytorch версії 2.5.1 (Cuda 1.24) для ОС Windows 11 і Python 3.12. Для забезпечення сумісності використовувалися як прекомпільовані бібліотеки, так і крос компіляція бібліотек із вихідних текстів.

В результаті було отримано інтегроване середовище для експериментів з ВММ, в якому було порівняно різні реалізації бібліотек, зазначених вище, для розгортання мовних моделей всередині єдиного середовища.

В рамках експериментів в середовищі розгортання ВММ було протестовано різні версії ВММ, таких як Phi-3, Llama 3 і Mistral. Результати показали, що швидкодія одних і тих же самих ВММ моделей при одному і тому ж виді квантизації відрізняється, і також залежить від реалізації механізму уваги. Це показало на потенційні шляхи вирішення проблеми.

В подальших експериментах пропонується протестувати інші мовні моделі та види квантизації, щоб оцінити вплив їх на якість відповідей ВММ.

#### Список використаних джерел

1. Zalutska O. Method for sentiment analysis of ukrainian-language reviews in e-commerce using RoBERTa neural network. *COLINS-2023: 7th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems* (20–21 April, 2023, Kharkiv, Ukraine). CEUR Workshop Proceedings. 3387. 2023. P.344–356. <https://CEUR-WS.org/Vol-3387/paper26.pfd>.

## ГАЛУЗЕВО-РЕГІОНАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ МУЛЬТИПЛІКАЦІЇ КІНЦЕВИХ СПОЖИВЧИХ ВИТРАТ В ЕКОНОМІЦІ УКРАЇНИ

Кулик В.В., [volodymyr\\_kulyk@ukr.net](mailto:volodymyr_kulyk@ukr.net)

*Державна науково-навчальна установа «Академія фінансового управління»*

Актуальною науково-практичною задачею для України є оцінка впливу інвестицій на економічну систему загалом, і в галузево-територіальному розрізі зокрема. В умовах війни та повоєнної відбудови очікуються значні обсяги інвестицій в соціально-економічну інфраструктуру економіки України. Це потребує узгодження процесів споживання кінцевого продукту (інвестиції, приватне і державне споживання, експорт тощо) та його виробництва і розподілу.

Розглянемо модель Леонтьєва в двох наступних формах:

$$X = AX + Y, X \geq 0, \quad (1)$$

$$X = (I - A)^{-1}Y, \quad \Delta X = (I - A)^{-1}\Delta Y, \quad (2)$$

де  $X$  – випуск,  $A$  – технологічна матриця міжгалузевих взаємозв'язків,  $Y$  – кінцевий продукт,  $(I - A)^{-1}$  – матриця Леонтьєва виду  $B1$ ,  $\Delta X$  – приріст випуску,  $\Delta Y$  – приріст кінцевих споживчих витрат.

Використовуючи модель Леонтьєва та галузево-регіональну модель «витрати-випуск» економіки України (2019р.) [1, 2], стає можливим оцінювати прирости випуску  $\Delta X$  в галузево-територіальному розрізі залежно від приросту кінцевих споживчих витрат  $\Delta Y$ , наприклад інвестицій в промисловість Дніпропетровської області в розмірі в 1 млрд. грн. Актуальність таких оцінок підтверджується і необхідністю оцінок інвестицій в 1 млрд. євро в оборонну промисловість України [3] та їх впливу на економіку загалом.

Крім того знаючи випуск  $X$ , прирости випуску  $\Delta X$ , вектор коефіцієнтів доданої вартості  $K_{дв}$  в галузево-регіональному розрізі, стає можливим здійснювати і оцінку процесів виробництва  $Y'$ , приросту доданої вартості  $\Delta Y'$ :

$$Y' = K_{дв} \cdot X, \quad \Delta Y' = K_{дв} \cdot \Delta X, \quad (3)$$

**Висновки.** Міжрегіональна і міжгалузева модель «витрати-випуск» економіки України (2019р.) [1, 2] може бути використана для оцінювання впливу

змін кінцевих споживчих витрат  $Y$  на випуск  $X$ , на приріст випуску  $\Delta X$ , і відповідно на приріст доданої вартості  $\Delta Y'$ .

Проведено оцінку впливу змін кінцевих споживчих витрат  $\Delta Y$  (зростання інвестицій на 1 млрд. грн. в промисловість Дніпропетровської області) на випуск  $X$ , приріст випуску  $\Delta X$ , приріст доданої вартості  $\Delta Y'$  в галузево-територіальній структурі економіки України.

Приріст інвестицій в 1 млрд. грн. в промисловість Дніпропетровської області має наступний мультиплікативний ефект: приріст випуску в економіці загалом склав близько 1,945 млрд. грн., в т.ч. приріст випуску промисловості області 1,185 млрд. грн, приріст випуску промисловості 1,467 млрд. грн., приріст випуску в економіці області 1,380 млрд. грн.

Дана модель дозволяє оцінити відповідний приріст виробництва доданої вартості в галузево-територіальному розрізі. Найбільший приріст в галузях «Торгівля» (88 млн. грн.) і «Сільське господарство» (51 млн. грн.), та в регіонах м. Київ (42 млн. грн.), Запорізька (40 млн. грн.), Харківська та Полтавська (по 37 млн. грн.) області.

#### Список використаних джерел :

1. Haddad E. A., Araújo I. A., Rocha A., Sass K. Interregional Input-Output System for Ukraine, 2019. Accompanying file to PCNS RP 08/22, Policy Center for the New South & The University of São Paulo Regional and Urban Economics Lab – NEREUS. 2022.
2. Haddad E. A., Araújo I. A., Rocha A., Sass K. Input-Output Analysis of the Ukraine War: A Tool for Assessing the Internal Territorial Impacts of the Conflict. PCNS RP 08/22, Policy Center for the New South. 2022. DOI: [10.1111/rsp3.12582](https://doi.org/10.1111/rsp3.12582)
3. ЄС виділить на українську оборонну промисловість мільярд євро із заморожених активів рф. 26 листопада 2024р. URL: <https://ua.news/ua/world/es-vydelit-na-ukrainskuyu-oboronnyuyu-promyshlennost-milliard-evro-iz-zamorozhennyh-aktivov-rf>

# ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛЮ В СТВОРЕННІ КОРПОРАТИВНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Кушнір О.С., Скороход Д.А.,

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України*

Сучасне корпоративне програмне забезпечення (ПЗ) характеризується певними особливостями. Зокрема, є поширеним використання мікросервісної архітектури (microservice architecture) в якості базису для побудови високонавантаженого корпоративного ПЗ. На відміну від монолітної архітектури (monolithic architecture) технологія мікросервісів має перевагу для побудови відмовостійкої системи [1]. Подібні системи орієнтовані на максимізацію часу безперебійної роботи, проте мають власні недоліки, наприклад, складність адміністрування та моніторингу стану системи. Поширеною проблемою є виявлення стрімкого зростання споживання процесорної потужності окремими віртуальними чи фізичними машинами з складу всіх машин, що запускають ПЗ.

За припущення, що кожен окрему віртуальну або фізичну машину можна розглядати як актив, а міру процесорної потужності, що споживаються ПЗ на даній машині – як вартість активу. Таким чином можна розглянути задачу моніторингу як задачу формування портфелю активів. Таку задачу можна поставити, як задачу квадратичної оптимізації.

Вважаємо  $r_i$  - випадковою змінною, пов'язаною з нормою доходності для активу  $i$ , для  $i = \underline{1, \dots, n}$ , тоді визначимо випадковий вектор:

$$z = (r_1 \ r_2 \ \dots \ r_n)$$

Визначимо  $\mu_i = E(r_i)$ ,  $m = (\mu_1 \mu_2 \dots \mu_n)^T$  та  $cov(z)$  – матриця коваріації. Норма доходу цільового портфеля  $r = \sum_{i=1}^n r_i \omega_i$  – випадкова величина, де  $\omega_i = (\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n)^T$  – набір вагових коефіцієнтів портфеля,  $m^T \omega$  і  $\omega^T cov(z) \omega$  – математичне сподівання та дисперсія  $r$  відповідно.

В такому підході задачу оптимізації можна визначити як:

$$\frac{1}{2} \omega^T cov(z) \omega \rightarrow \min \ m^T \omega \geq \mu_b \ e^T \omega = 1 \quad , \text{ де } e = (1, 1, \dots, 1)^T.$$



Дослідження з формування портфелю біржових активів показують, що деякі з існуючих алгоритмів формування портфелю можуть виявляти активи з високою і низькою волатильністю та формувати портфель відповідно до цілепокладання цього портфелю [2]. Прикладами алгоритмів, що можуть бути використані для моніторингу, є алгоритми Блека-Літтермана (Black-Litterman) та ієрархічного паритету ризику (Hierarchical Risk Parity - HRP). Деякі конфігурації Black-Litterman ефективно формують портфель активів високою волатильністю, що для вказаної задачі може бути використане, як безпосередній моніторинг машин, де спостерігається зростання споживання процесорної потужності. HRP формує портфель активів з низькою волатильністю, що може бути використано для виключення з процесу моніторингу машин, де не спостерігається аномального зростання споживання.

Використання згаданих прикладів дозволяє припустити, що дослідження з застосування алгоритмів формування портфелю для моніторингу ресурсів (зокрема процесорної потужності) в мікросервісній архітектурі високонавантаженого корпоративного програмного забезпечення буде актуальним і обумовить розробку нових конкурентних програмних рішень із суттєвим зменшенням часових затрат процесу моніторингу.

#### Список використаних джерел

1. Al-Debagy O., Martinek P. A Comparative Review of Microservices and Monolithic Architectures. *2018 IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)*. 2018. P. 149-154. DOI: [10.1109/CINTI.2018.8928192](https://doi.org/10.1109/CINTI.2018.8928192)
2. Кушнір О.С. Порівняльний аналіз сучасних алгоритмів формування портфелю для DeFi активів. Дипломна робота магістра Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського». 2024. 76 с.

## PROSPECTS FOR AI IN THE PUBLIC SECTOR

Letych A. A., [artem1letich@gmail.com](mailto:artem1letich@gmail.com)

*Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

Artificial intelligence has the potential to transform public administration. The term ‘artificial intelligence’ has been around for more than half a century and modern innovations have made it a very relevant term. Some people paint a frightening picture of machines taking control of people, while others see artificial intelligence as a miraculous solution to most world problems. Government organisations are already using the capabilities of intelligent objects and cyber-physical systems to improve the efficiency of government affairs. The use of the Internet of Things and Services combined with machine intelligence in public administration is not just a technical integration of intelligent objects, but an opportunity to achieve a new level of automation of public services. The use of autonomous systems in the public sector has become very popular because of their speed, control, resource savings and ease of design and implementation. Against the backdrop of technological advances in digital intelligence and its potential for use in business, its use in the public sector is becoming increasingly important [1].

The benefits of AI in the public sector are multifaceted. The most important is efficiency. Using AI, routine tasks that would take humans hours can be completed in seconds. This efficiency translates into cost savings, freeing up money for other important services. Customer service is another area where AI can help. Chatbots can handle routine queries, allowing human staff to focus on more complex issues. AI can also help with predictive analytics, allowing the public sector to anticipate problems and proactively implement solutions.

A study commissioned by the European Commission highlights the significant potential of AI to improve public sector service delivery in the European Union.

The report highlights that AI can improve interaction between citizens and governments, enhance analytical capacity and increase efficiency in key areas such as healthcare, mobility, e-government and education. These areas are seen as most ripe for large-scale application of AI, with applications ranging from autonomous vehicles

and intelligent transport systems to AI-driven solutions for healthcare and education technology [1].

The use of AI in cybersecurity is of particular interest. According to the National Cyber Security Centre, the number of attacks on government agencies has increased by 25% in the past year alone. AI can not only help detect cyber attacks but also respond in real time, which is crucial for protecting confidential data. A global example of regulation in this area is the General Data Protection Regulation (GDPR), which guarantees citizens' rights and sets high privacy standards. This experience can serve as a basis for implementing similar regulations in Ukraine.

As a country actively developing digital technologies, Ukraine has significant potential for AI implementation. The Ministry of Digital Transformation has stated that one of its strategic goals is to integrate AI into key sectors of the economy, including defence, education and healthcare. Moreover, the development of AI entrepreneurship could strengthen the country's position in international rankings, such as Oxford Insight's AI Readiness Index [2].

At the same time, there are a number of challenges associated with the adoption of AI in the public sector. For example, the risk of discrimination and the transparency of algorithms are concerns for both the public and developers. The European Artificial Intelligence Law defines an approach for categorising AI systems according to their level of risk, which could serve as a model for Ukrainian regulators. Ukraine also plans to develop a code of ethics for the use of AI based on European experience.

Artificial intelligence can thus be a powerful tool to transform public administration and ensure efficiency and transparency. However, its implementation requires responsible regulation, protection of citizens' rights and attention to ethical aspects.

### References

1. EU study calls for strategic AI adoption to transform public sector services. URL: [digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-study-calls-strategic-ai-adoption-transform-public-sector-services](https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-study-calls-strategic-ai-adoption-transform-public-sector-services)
2. Using AI in Local Government. URL: [oracle.com/artificial-intelligence/ai-local-government/](https://oracle.com/artificial-intelligence/ai-local-government/)

## МЕТОД ТЕМАТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕКСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Мазурець О.В., [exe.chong@gmail.com](mailto:exe.chong@gmail.com), Віт Р.В., [vit.roman.vit@gmail.com](mailto:vit.roman.vit@gmail.com)

*Хмельницький національний університет*

Процес тематичної класифікації текстів полягає у групуванні текстової інформації за певними категоріями чи темами, що дозволяє виявляти ключові ідеї, тенденції й шаблони у даних. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматизувати процес аналізу текстів, ефективно застосовуючи контекстуальні ознаки, що значно підвищує швидкість і точність класифікації [1].

Метою роботи є розробка та дослідження методу тематичної класифікації текстів з використанням машинного навчання, здатного підвищити точність і релевантність тематичного аналізу, що сприятиме прийняттю обґрунтованих рішень на основі текстових даних.

Метод тематичної класифікації текстів з використанням машинного навчання забезпечує перетворення текстових даних у результати, які включають кількість тем, домінуючу тему кожного документа, а також розширений набір ключових слів для кожної теми (рис. 1). Цей підхід поєднує адаптивність тематичного моделювання з автоматичним розширенням ключових слів, що дозволяє проводити ефективний тематичний аналіз [2]. На вхід методу подається досліджуваний текст разом із попередньо обробленим збалансованим корпусом текстів відповідної предметної області. Перший етап передбачає підготовку текстових даних, яка включає токенизацію, лематизацію та видалення стоп-слів. На другому етапі задаються початкові параметри моделі LDA: якщо кількість тем відома, алгоритм здійснює класифікацію на задану кількість категорій; у разі відсутності цього параметра навчання проводиться для визначення оптимальної кількості тем. Четвертий етап зосереджений на навчанні моделі LDA, де для кожного слова в документі розраховується ймовірність його приналежності до певної теми. На основі цих ймовірностей визначаються розподіли слів і тем, що використовуються для формування ключових слів кожної теми [3].

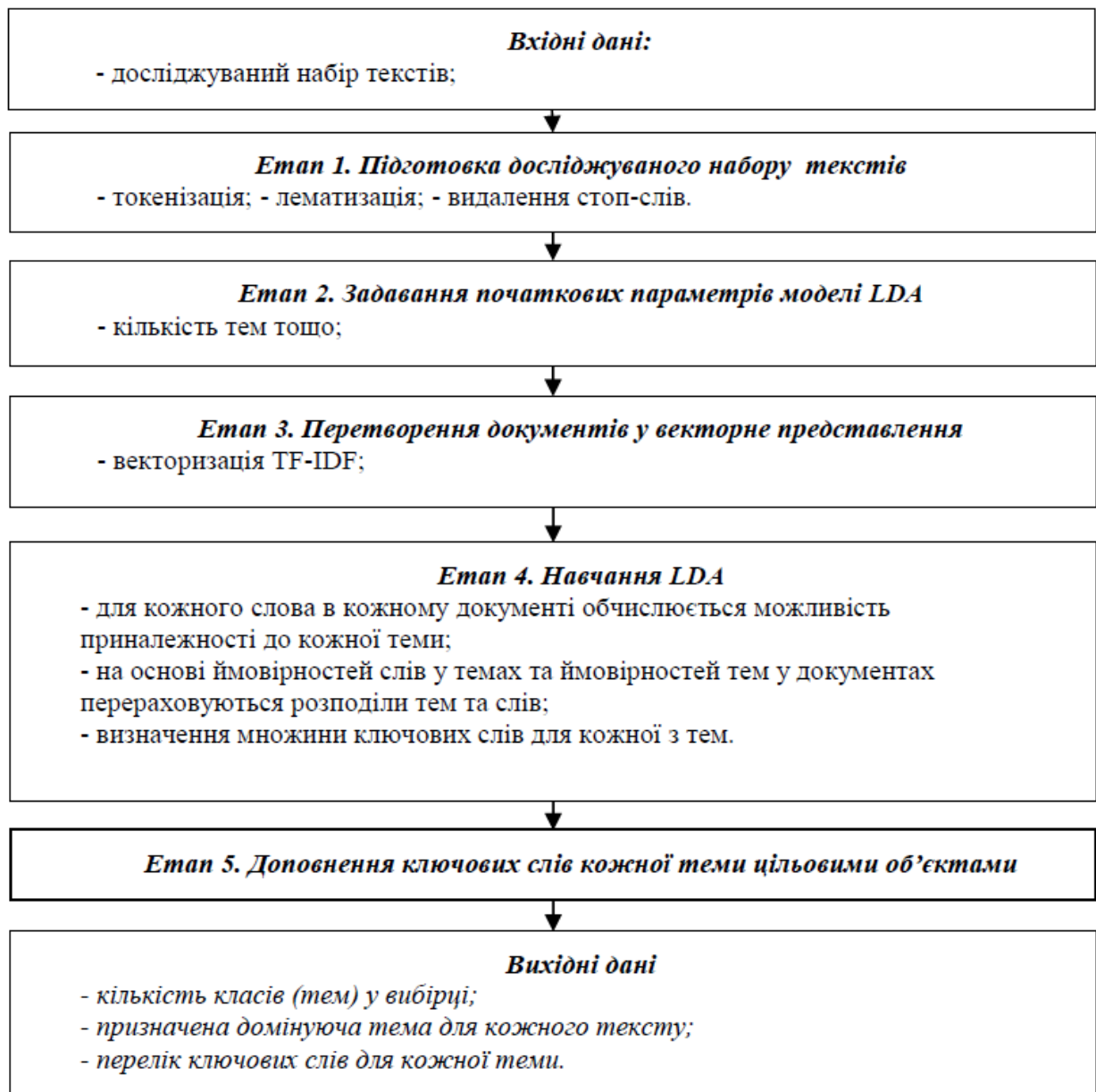


*Рис. 1. Етапи методу тематичної класифікації текстів*

П'ятий етап полягає в доповненні набору ключових слів кожної теми за допомогою цільових об'єктів, враховуючи терміни та іменникові сутності, релевантні до предметної області. Це дозволяє підвищити точність ідентифікації цільових об'єктів шляхом врахування згрупованих через лематизацію іменникових сутностей. Цільові об'єкти формуються шляхом об'єднання унікальних ключових слів, отриманих різними методами, та сутностей NER.

Результатом застосування методу є інформація про кількість тем у вибірці, визначення основної теми для кожного тексту та розширений список ключових слів для кожної теми.

Для проведення дослідження методу тематичної класифікації текстів з використанням машинного навчання використано англomовний датасет «fake-and-real-news-dataset», що включає 23,502 недостовірні статті 21,417 достовірних новин [4]. Програмна реалізація методу була виконана за допомогою середовища Google Colab із використанням Jupyter Notebook. У процесі тематичного моделювання, без попереднього визначення кількості тем, оптимальна їх кількість була визначена на основі значення когерентності моделі і становила 14 тем.

Оптимальне число тем встановлюється на основі максимальної когерентності моделі [5]. Якщо когерентність зростає, це свідчить про можливість додаткового виділення тем, тоді як зниження чи стабілізація цього показника вказує на досягнення найкращого розподілу. У цьому дослідженні тематичне моделювання виконувалося з класифікацією текстів на 14 тем. Представлення ключових слів для кількох категорій наведено на рис. 2.

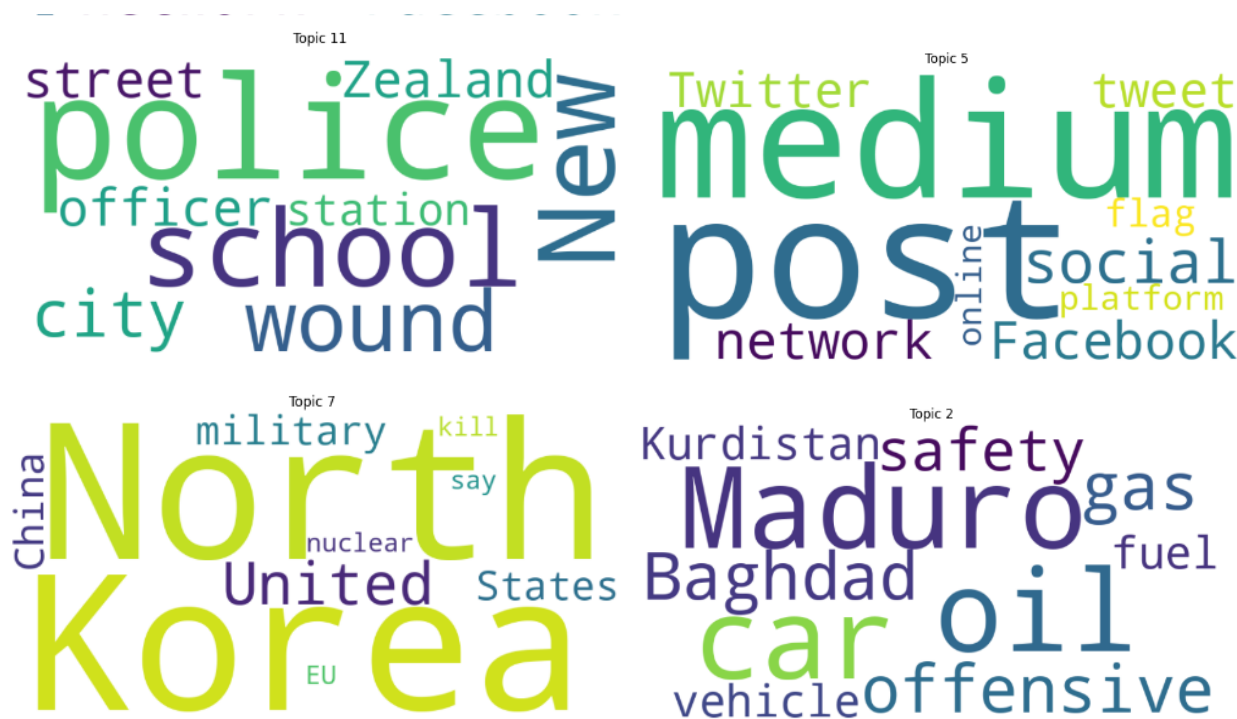


Рис. 2. Ключові слова за тематичної класифікації на 14 тем

Як видно з рис. 2, виділені теми мають чіткий розподіл і майже не перетинаються, що підтверджує оптимальність вибору 14 тем для цього датасету.

Отже, метод тематичної класифікації текстів з використанням машинного навчання розроблено для автоматичного визначення та групування текстів за їх основними темами. Такий метод дозволяє ефективно впорядковувати великі обсяги текстової інформації та забезпечувати доступ до її змісту в структурованій формі.

Соціальні мережі створюють значний масив текстових даних, які містять різноманітні думки, коментарі та обговорення. Використання створеного методу для аналізу таких даних допомагає виявляти ключові теми, які цікавлять користувачів, а також визначати загальні настрої в спільноті.

#### Список використаних джерел

1. Sarin G., Kumar P., Mukund M. Text classification using deep learning techniques: a bibliometric analysis and future research directions. *Benchmarking: An International Journal*. 2024. 31(8). P. 2743-2766.
2. Мазурець О.В., Віт Р.В. Інтелектуальний метод виявлення цільових об'єктів предметної області за показниками семантичної зв'язності для класифікації текстової інформації. *Розвитки інформаційно-керуючих систем та технологій*: монографія. Львів-Торунь : Lina-Pres, 2024. С. 223-244.
3. Мазурець О., Віт Р. Інтелектуальний метод виявлення цільових об'єктів предметної області для класифікації текстової інформації. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології ІУСТ-ОДЕСА-2024». Одеса. 2024. С. 205-208.
4. Датасет «fake- and- real- news- dataset». URL: <https://www.kaggle.com/datasets/clmentbisaillon/fake-and-real-news-dataset>
5. Віт Р.В., Мазурець О.В. Метод виявлення множин цільових об'єктів предметної області у текстовому контенті. *Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2024*. Хмельницький, 2024. С. 78-82.



## АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ПАРОЛІВ У СУЧАСНОМУ ЦИФРОВОМУ ПРОСТОРІ

Макаренко М., [kicitkney@gmail.com](mailto:kicitkney@gmail.com), Кудак Д., [darinakudak97@gmail.com](mailto:darinakudak97@gmail.com),

*ВСП «Фаховий коледж інформаційних систем і технологій Київського  
національного економічного університету імені Вадима Гетьмана»*

Захищеність особистих акаунтів є важливим компонентом цифрової безпеки, оскільки більшість користувачів зберігають у них конфіденційну інформацію, таку як фінансові дані, особисті повідомлення, фотографії та доступ до різноманітних онлайн-сервісів. Враховуючи постійний розвиток технологій та збільшення рівня загроз з боку кіберзлочинців, захист акаунтів стає необхідністю для забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних. Одним з основних підходів до захисту є використання складних паролів, двофакторної аутентифікації та шифрування, що значно знижує ризик несанкціонованого доступу до акаунтів.

Для захисту персонального акаунта від крадіжок існує кілька базових важливих заходів, які допомагають знизити ризик несанкціонованого доступу: використання складних паролів, активація двофакторної аутентифікації, регулярна зміна паролів, уникання використання однакових паролів, обережність при відкритті електронних листів та посилань, своєчасне оновлення програмного забезпечення та пристроїв. Застосування цих методів допомагає суттєво знизити ймовірність крадіжки акаунтів і забезпечити їх безпеку в онлайн-середовищі.

В рамках поставленої проблеми пропонується для розгляду розроблений проєкт «Модуль генерації паролів» задля надання можливості кожному користувачеві захистити свій акаунт від крадіжок. З метою збереження паролів та спрощення їх пошуку серед інших важливих документів було розроблено проєкт для генерації паролів.

Метою розробки запропонованого модуля генерації паролів є забезпечення користувачів інструментом для створення та збереження надійних, складних і унікальних паролів, які підвищують рівень безпеки їх акаунтів. Модуль



допомагає уникнути використання слабких паролів і повторення однакових паролів для різних акаунтів або ресурсів, що знижує ризики несанкціонованого доступу. Генерація паролів здійснюється з урахуванням принципів криптографічної безпеки, що дозволяє створювати паролі з комбінацією великих і малих літер, цифр та спеціальних символів, що робить їх значно складнішими для злому. Основною метою є також спрощення процесу створення надійних паролів для користувачів, підвищення обізнаності про важливість безпеки даних і зниження ймовірності успішних кібератак. Проєкт передбачає широке коло користувачів: від досвідчених до початківців. Завдяки цій розробці кожен зможе забезпечити високий рівень захисту своїх облікових записів і уникнути витоку даних.

Головна функція модуля спрямовано на допомогу створення паролів за характеристиками за особистим вибором користувача, такими як: довжина пароля, наявність використання символів, застосування різних регістрів – малих та великих літер. Наступна зручна функція надає можливість користувачу введення назви додатка або ресурсу та формування імені користувача для обраного додатка. Функція перевірки надійності пароля за базовими характеристиками (узгодження мінімальної довжини, використання символів, застосування малих літер, великих літер, цифр та загальна довжина пароля) дозволяє оцінити ступінь безпеки пароля шляхом аналізу кількох ключових факторів. Найкориснішою функцією модуля для широкого кола користувачів є оцінка обраних характеристик та надання користувачеві рекомендації щодо покращення пароля, що допомагає підвищити рівень безпеки облікових записів і знизити ймовірність їх компрометації. Використано алгоритм для оцінки складності пароля за наступною шкалою: низький рівень складності, середній рівень складності, високий рівень складності. Це дає змогу забезпечити користувача базовою інформацією щодо рівня надійності пароля, а у разі низького чи середнього рівня надати необхідні рекомендації, яким чином можна його покращити. У розробленому модулі реалізована функція авторизації

користувачів, яка додає ще один рівень захисту, що робить запропонований модуль не лише зручним, але й безпечним у використанні.

Для розробки модуля генерації паролів було використано середовище Visual Studio, програмування здійснено на мові C# з використанням Windows Forms, що забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс. Запропонований інтерфейс дозволяє користувачам легко працювати з модулем та забезпечує надійність у створенні паролів, які завжди доступні для захисту облікових записів. Основою модуля є вкладки «Генерація пароля» та «Перевірка надійності пароля». Вкладка «Генерація пароля» містить поля для вибору та вводу інформації та кнопки «Генерувати пароль», «Вилучити вміст» та «Вихід». Вкладка «Перевірка надійності пароля» містить поля для вводу пароля та кнопки «Вихід», «Перевірити пароль» та «Вилучити вміст» (див. рис. 1).

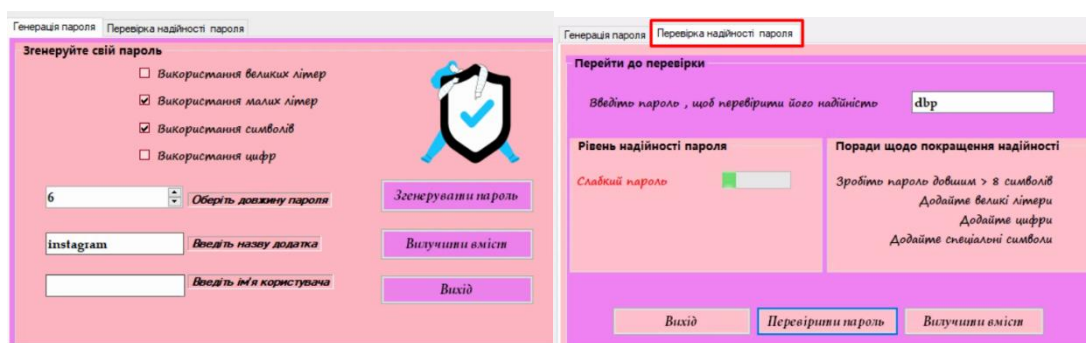


Рис.1. – Приклад роботи зі вкладками модуля

Реалізовано авторизацію для зареєстрованих та нових користувачів. У разі, якщо користувач вже зареєстрований, то необхідно вводити дані, які відповідають інформації під час реєстрації, і тільки після того відкривається модуль генерації паролів. Якщо користувач не зареєстрований у модулі, то він натискає «Створити акаунт» (див. рис. 2) і переходить до вікна реєстрації, де обов'язковим є введення: логіна, пароля, імені та прізвища користувача. Якщо користувач не надає інформацію для певного поля, то реєстрація стає неможливою, або якщо він створює такий логін, який вже є наявним у модулі, то з'являється повідомлення про помилку та необхідність ввести інший логін, щоб продовжити реєстрацію.

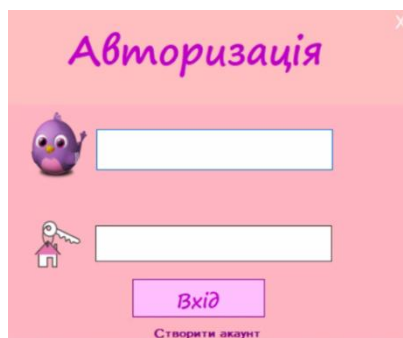


*Рис. 2. – Загальний вигляд авторизації користувача*

Після того, як користувач увійшов у модуль, відкривається вікно зі вкладками «Генерація пароля» та «Перевірка надійності пароля». На першій вкладці надається можливість створення пароля з різними характеристиками та відбувається автоматичне зберігання інформації на комп'ютер користувача. Після генерації пароля користувач має можливість перейти на вкладку «Перевірка надійності пароля» та дізнатися рівень надійності пароля та отримати відповідні поради, які допоможуть забезпечити надійність облікових записів користувача. Запропонований модуль генерації паролів є абсолютно безплатним, він не містить ліміт створення паролів, не містить реклами, яка, в більшості випадків, заважає користувачу під час створення пароля.

**Висновки.** Запропонований модуль генерації паролів є сучасною розробкою та містить необхідні функції для успішної роботи користувачів, які хочуть забезпечити свій акаунт від крадіжок даних. Разом з цим, повідомляємо, що проект є у процесі доопрацювання та вдосконалення, які поступово буде втілюватися. Зокрема, планується реалізувати функцію нагадування про необхідність зміни пароля через N місяців шляхом фіксації дати створення пароля задля забезпечення уникнення несанкціонованого доступу. Також планується зміцнити надійність акаунту завдяки додаванню двофакторної автентифікації, щоб удосконалити захист конфіденційної інформації, а також впровадити шифрування даних, таких як логін та пароль. Дуже сподіваємося, що запропонований модуль генерації паролів стане надійним та корисним супутником для всіх охочих користувачів.

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GAME DEVELOPMENT

**Mozgalli O. P.**, [olga\\_stepanenko@kneu.edu.ua](mailto:olga_stepanenko@kneu.edu.ua)

**Klymenko D. V.**, [dima.klimenko436@gmail.com](mailto:dima.klimenko436@gmail.com)

*Kyiv National Economic University named after Vadym Getman*

The development of information technology has given rise to one of the most popular type of entertainment, such as video games. People of all ages, from the younger to the older generation, different social status, professional activities are fond of video games because of their diversity. A variety of universes, characters, storylines, game mechanics - all this makes video games a work of art, which can be worked on by huge corporations, for example: «Ubisoft», «GSC Game World», «CD Project Red», as well as ordinary indie developers with a small team, or even individual enthusiasts. The emergence of artificial intelligence and its use in most modern game projects is a key element in the development and manufacturability of video games, which implements a more exciting and realistic impression of the gameplay.

In this article, I will share four aspects of the use of artificial intelligence in the design and development of game projects, which were given in the scientific article «Application of artificial intelligence technology in games» [1], briefly reveal each aspect, give examples, summarize the effectiveness of using artificial intelligence in the gaming industry and predict prospects for the development of artificial intelligence systems in the future.

The four most common areas of using artificial intelligence in the development of video games are:

- AI of opponents or allies;
- the development of game strategies;
- the generation of history and plot;
- the generation of a visual environment.

Artificial intelligence, used to create the behavior of opponents or allies in video games, plays a key role in ensuring interactivity and immersion of the player in the game world. The main goal of such AI is to create realistic characters who not only act in accordance with the logic of the game, but can also adapt their behavior depending

on the actions of the player. For example, in game called «Far Cry» opponents controlled by AI can analyze the situation, use cover, coordinate attacks and even change their strategy if the player becomes unpredictable. This makes the game more dynamic and forces the player to think about their actions. In game «The Elder Scrolls V: Skyrim», which is a role-playing game, the allies analyze the state and environment of the protagonist, helping him in battle, treating your character, etc. It is important to make sure that artificial intelligence not only provides support for the protagonist, but also does not interfere with the player's gameplay.

The development of game strategies using artificial intelligence is one of the most impressive areas of application of modern technologies. AI is capable of analyzing vast amounts of data and using advanced algorithms such as reinforcement learning, neural networks, and methods such as «Monte Carlo», «Tree Search» to form optimal strategies in complex game environments. For example, systems like «Deep Blue» and «AlphaGo» have shown how AI can learn to make decisions that exceed human capabilities in classic board games like chess and Go. Similar technologies are used in real-world strategies such as AlphaStar, which demonstrates the effectiveness of AI in real-time multiplayer games. A feature of AI is the ability to adapt to the changing circumstances of the game, predict the actions of opponents and develop scenarios to achieve superiority. In the article "Research on Artificial Intelligence in Game Strategy Optimization" written by Yihong Li, you can get acquainted in more detail with the development of the ability of AI to develop strategies and future prospects for models and methods for implementing an effective result of AI [2].

Using artificial intelligence to create stories and stories is an interesting direction that combines elements of creativity, psychology and technology [3]. AI in this area tries to imitate human creativity, allowing you to automatically generate a variety of stories with minimal effort on the part of developers. This approach becomes a powerful tool for adapting stories to the educational or entertainment needs of users. Despite the fact that the idea of automated story creation began to attract attention decades ago, progress in this area is still limited and faces significant challenges. The main difficulties are associated with the limitations of modern technology, such as the

lack of the ability to create really deep, interesting and meaningful stories. Research in this area focuses on non-interactive textual generation of stories, analysis of used resources, corpus of texts and methods for assessing the quality of created stories. An important role in this process is also played by factors that affect the curiosity of the story for the audience.

Using artificial intelligence to create a visual environment in video games opens up new horizons in creating realistic and exciting game worlds [4]. Through the introduction of advanced machine learning algorithms, AI contributes to the improvement of aspects such as character animation, procedural landscape generation and dynamic lighting. This allows not only to optimize graphics, but also to create interactive environments that provide deep immersion of players in the game. Modern approaches to visualization using AI allow you to automate complex development processes. For example, terrain generation algorithms create unique landscapes that change depending on the game conditions, and adaptive lighting technologies improve visual effects, making scenes more realistic. Character animation, in particular, benefits from the use of AI, as it allows you to achieve natural movement dynamics that take into account the physics and context of the game. Despite significant advances, challenges remain, such as high computational complexity, the need for large amounts of training data and ethical issues, in particular the use of AI to create content that can be perceived ambiguously. Prospects for the development of this industry include the integration of AI with other new technologies, such as augmented and virtual reality, which will further increase the personalization of the gaming experience.

In conclusion, artificial intelligence plays a pivotal role in transforming the video game industry, enabling the creation of more interactive, immersive, and realistic gaming experiences. Its application spans diverse aspects, including the behavior of characters, strategic decision-making, story generation, and the visualization of game environments. Despite existing challenges, such as computational complexity and ethical concerns, the integration of AI has significantly enhanced the development process and player engagement. Looking ahead, advancements in AI technologies, combined with innovations in augmented and virtual reality, promise to redefine

gaming, pushing the boundaries of creativity and personalization in interactive entertainment.

### References

1. Li X., Xiao C. The application of artificial intelligence technology in games. *Applied and Computational Engineering*. 2024. 49. P. 176-181. DOI: [2755-2721/49/20241088](https://doi.org/10.2755-2721/49/20241088)
2. Li Y. Research on Artificial Intelligence in Game Strategy Optimization. *International Journal of Computer Science and Information Technology*. 2024. 4(1). P. 210- 217. DOI: [10.62051/ijcsit.v4n1.25](https://doi.org/10.62051/ijcsit.v4n1.25)
3. Arwa I.A., Aqil M.A. Automatic Story Generation: A Survey of Approaches. *ACM Comput. Surv.* 2022. P. 38. DOI: [10.1145/3453156](https://doi.org/10.1145/3453156)
4. Wu Y., Yi Y., Ma C., Chen L. Artificial intelligence for video game visualization, advancements, benefits and challenges. *Mathematical Biosciences and Engineering*. 2023. 20(8). P. 15345-15373. DOI: [10.3934/mbe.2023686](https://doi.org/10.3934/mbe.2023686)

## USING NEURAL NETWORKS FOR ANALYSIS OF CRYPTOCURRENCY NEWS

**Mozgalli O. P.**, [olga\\_mozgalli@kneu.edu.ua](mailto:olga_mozgalli@kneu.edu.ua)

**Lisovskyi O. S.**, [lishurkas@gmail.com](mailto:lishurkas@gmail.com)

*Kyiv National Economic University named after Vadym Getman*

In the current conditions of rapid digital technology development, cryptocurrencies are becoming a significant element of financial markets, attracting increasing attention from investors. With the growing popularity of cryptocurrencies, the volume of information related to this field is expanding considerably. News, analytical articles, forecasts, and expert opinions generate vast amounts of data daily, which are crucial for decision-making in the cryptocurrency market. This information flow requires careful analysis to understand trends, identify potential risks, and create forecasts.

At the same time, artificial intelligence technologies, particularly neural networks, are actively developing, enabling the processing and analysis of large volumes of data with high accuracy and speed. Artificial intelligence offers new tools for automating the analysis of informational content, especially news that directly impacts cryptocurrency markets. The use of neural networks in this context allows not only to reduce the time spent on data processing but also to improve the quality of decision-making by providing better insight into market trends.

As a result, the growing volume of information and the rapid development of artificial intelligence make the application of neural networks for analyzing cryptocurrency news highly relevant. This helps to respond more effectively to market changes, reduce risks, and increase the investment attractiveness of cryptocurrencies, making research on this topic particularly important.

Recently, more researchers have been turning to the study of the impact of news on financial markets. For instance, Hong N. Dao, in his article [1], describes the influence of artificial intelligence on trading practices, especially in the context of market forecasting. The author notes that the use of advanced artificial intelligence



algorithms enables investors to improve the decision-making process, which leads to increased profitability and reduced risks.

Similar conclusions were reached by Bhavna Sahu and Vaibhav Chandrakar, who, in their publication [2], explored the relationship between news and market conditions. As a result of their research, it was found that news has a significant impact on market dynamics. Using deep machine learning methods, the researchers improved forecast accuracy by analyzing news alongside time series data.

The «word embedding» technology, described by Maaz Amjad and Alexander Gelbukh in their article [3], is widely used for text analysis, converting words into multidimensional vectors. Algorithms such as «word2vec» and «glove» transform words into vectors by measuring their similarity through vector distance. This helps to better understand relationships between words and effectively classify textual data, which is particularly useful for news analysis.

Despite the large number of existing studies, the analysis of cryptocurrency news has not received sufficient attention from researchers. Moreover, to date, there are no comprehensive studies on the application of intelligent approaches, particularly neural networks, for the analysis of cryptocurrency news. This is why the authors focus on the topic of applying intelligent methods for analyzing and forecasting the cryptocurrency market using neural networks to analyze cryptocurrency news.

It is proposed to create an intelligent system for analyzing cryptocurrency news, which will include gathering information from various resources, forming a personalized set of relevant news from a large amount of data, and forecasting cryptocurrency prices based on this information. The developed intelligent system will be an application software that uses artificial intelligence to analyze cryptocurrency news and assist users in making decisions in cryptocurrency markets. The main functions of the system include news personalization and cryptocurrency price forecasting based on the news.

Personalized news analysis allows users to provide feedback on the news by evaluating its usefulness. The neural network, using natural language processing methods, analyzes this feedback, adjusting recommendations to the user's individual

preferences. Recurrent neural networks (RNNs) are implemented for this purpose, which classify the news and generate personalized recommendations [4].

Cryptocurrency price prediction based on news involves the ability to forecast changes using the collected news. To achieve this, the developed algorithms continuously learn by comparing the news with financial indicators such as cryptocurrency prices and trading volumes. Although it is impossible to achieve high accuracy with such methods, even a slight increase in prediction accuracy can significantly impact trading results when using certain strategies, such as arbitrage or scalping.

Thus, the main components of the system are:

- APIs from various financial platforms and news resources, such as CoinDesk, Bloomberg, Twitter, etc., are used for gathering news.
- Word embedding methods (word2vec, glove) will be used for text vectorization. All data will be pre-processed to improve the analysis results.
- Various deep neural network architectures, including LSTM (Long Short-Term Memory) or RNN, will be used for analyzing data sequences.
- Cross-validation methods, along with metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score, as described in the article [5], will be applied to evaluate the accuracy of predictions and recommendations. These metrics will ensure an adequate assessment of the model's performance.

In today's world, cryptocurrencies are becoming an increasingly important element of financial markets. With the growing popularity of cryptocurrencies, a vast amount of information related to these assets emerges, which requires thorough analysis to identify trends and risks.

The proposed intelligent system uses artificial intelligence to analyze cryptocurrency news and assists users in decision-making. The system's main functions include personalizing news based on user feedback and predicting cryptocurrency price changes based on the news. This allows users to receive relevant recommendations that can significantly influence their investment decisions.

As a result, the system has the potential to greatly enhance the efficiency of cryptocurrency news analysis and simplify the decision-making process for investors, which is crucial in the rapidly changing market environment.

### References

1. Hong N., Wang C., Aoshi S. AI in Stock Market Forecasting: A Bibliometric Analysis. *SHS Web of Conferences*. 2024. 194. P. 23. DOI: [10.1051/shsconf/202419401003](https://doi.org/10.1051/shsconf/202419401003)
2. Sahu B., Chandrakar V. Financial market prediction using news and financial data by sentimental analysis. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. 2020. URL: [https://www.academia.edu/43893827/FINANCIAL\\_MARKET\\_PREDICTION\\_USING\\_NEWS\\_AND\\_FINANCIAL\\_DATA\\_BY\\_SENTIMENTAL\\_ANALYSIS](https://www.academia.edu/43893827/FINANCIAL_MARKET_PREDICTION_USING_NEWS_AND_FINANCIAL_DATA_BY_SENTIMENTAL_ANALYSIS)
3. Amjad M., Gelbukh A. Comparison of Text Classification Methods Using Deep Learning Neural Networks. *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*. 2023. DOI: [10.1007/978-3-031-24340-0\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24340-0_33)
4. Gitashree B., Nimje D., Bharath K.P. Sentiment Analysis of Text Classification Using RNN Algorithm Bharath. *Algorithms for Intelligent Systems*. 2021. P. 561-571. DOI: [10.1007/978-981-16-3246-4\\_44](https://doi.org/10.1007/978-981-16-3246-4_44)
5. Naidu G., Zuva T., Sibands E.M. Review of Evaluation Metrics in Machine Learning Algorithms. *Artificial Intelligence Application in Networks and Systems*. 2023. 724. P. 15- 25. DOI: [10.1007/978-3-031-35314-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35314-7_2)

## ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕРНІЗАЦІЯ УКРАЇНИ В ЕПОХУ СТАНОВЛЕННЯ ІНДУСТРІЇ 5.0

Мозгалі О. П., [olga\\_mozgalli@kneu.edu.ua](mailto:olga_mozgalli@kneu.edu.ua)

Проценко Б. П., [bohdan.protsen@gmail.com](mailto:bohdan.protsen@gmail.com)

*Київський Національний університет імені Вадима Гетьмана*

Еволюція індустріальних укладів в Україні відображає поступове пристосування економіки до глобальних технологічних змін, які визначали розвиток світової промисловості. У контексті розвитку Індустрії 4.0 та переходу до наступного промислового укладу, а також із врахуванням складних умов війни, в яких знаходиться наша країна, основні досягнення України сконцентровані у військовій сфері та ІТ-секторі, які за останні роки демонструють високі темпи зростання та інтеграції в глобальний ринок. Водночас, перспективи розбудови Індустрії 5.0 для України набувають критичного значення для забезпечення економічної стійкості, підвищення ефективності виробничих процесів та інтеграції інновацій у відбудову країни після війни. Розвиток Індустрії 4.0 в Україні відбувається в різних сферах людської діяльності, зокрема в державному секторі, бізнес-організаціях корпоративного рівня, середньому та малому бізнесі, на рівні домогосподарств тощо. Так, створення додатку «Дія» дало змогу українцям здійснювати юридичні, фінансові та управлінські операції онлайн. Водночас упровадження технологій Інтернету речей, штучного інтелекту, роботизації та хмарних обчислень значно оптимізувало бізнес-процеси. Компанії, такі як «Kernel» і «WOG», реалізували інноваційні проєкти, спрямовані на автоматизацію виробництва й підвищення якості послуг. Багато вітчизняних університетів активно запроваджують цифрові технології, зокрема у Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана в 2018 р. стартував проєкт розбудови цифрового університету й на сьогодні рівень організації цифрової підтримки навчальних процесів цього університету відповідає кращим світовим зразкам. І ще численна низка прикладів застосування прогресивних технологій Індустрії 4.0 в Україні [1].

Разом з тим, розвиток Індустрії 4.0 в Україні стикається з численними викликами. До них належать подекуди застаріла радянська інфраструктура, яка в більшості своїй не оновлювалася під сучасні потреби, обмежене фінансування інновацій, недостатній рівень цифрових навичок серед населення, слабка інтеграція з міжнародними ринками та майже ніяке пристосування економіки та виробництва до міжнародних стандартів. Прагнучи стати членом Євросоюзу, Україні вкрай необхідно не тільки масштабувати своє виробництво послуг і товарів, а й одразу підвести його до стандартів ЄС. Війна також ускладнила процес модернізації, виснажуючи фінансові ресурси та змінюючи пріоритети економічної політики. З іншої сторони, війна стимулювала швидке впровадження технологій для потреб оборони, управління кризовими ситуаціями та забезпечення життєдіяльності населення.

Розглянемо більш детально ситуацію щодо розвитку Індустрії 4.0 та переходу до нового промислового укладу Індустрія 5.0 в Україні.

**Агропромисловий** сектор є однією з найважливіших складових економіки України, зокрема завдяки високій частці в експорті та глобальній конкурентоспроможності. У 2021 році експорт аграрної продукції сягнув \$27,8 млрд, що становило 41% від загального обсягу експорту країни. До ключових позицій належать соняшникова олія, шрот соняшника, кукурудза, ячмінь та ріпак, що забезпечує провідні позиції України на світових ринках. Сприятливі природно-кліматичні умови, такі як багаті ґрунти, помірний клімат та достатня кількість опадів, створюють значний потенціал для подальшого розвитку галузі. Війна завдала серйозних збитків аграрному сектору. Зокрема, через бойові дії було пошкоджено чи знищено зерносховища, транспортну інфраструктуру, а також частину сільськогосподарської техніки. Мінування територій і дефіцит робочої сили, спричинений мобілізацією та міграцією, ускладнили проведення польових робіт. Незважаючи на це, галузь зберігає значний інвестиційний потенціал, особливо у відновленні інфраструктури та впровадженні інновацій. Важливим напрямом розвитку є глибока переробка аграрної продукції, наприклад виробництво біоетанолу та амінокислот із кукурудзи. Успішна

реалізація цих проектів сприятиме не лише стабілізації внутрішнього ринку, а й зміцненню позицій України на світовій арені [2].

**Металургійна промисловість** історично була одним із ключових секторів економіки України, забезпечуючи до 20% загального експорту. Завдяки багатим родовищам залізної руди та потужностям для збагачення металургія залишається привабливою для інвесторів галуззю, попри суттєві збитки, завдані війною. Втрата контролю над великими комбінатами, такими як «Азовсталь» і ММК ім. Ілліча, а також ускладнена логістика, пов'язана з блокадою портів, значно знизили виробничі обсяги. Перспективи галузі пов'язані з інноваційними технологіями, зокрема виробництвом «зеленої сталі» – сталі з низьким вуглецевим слідом. Україна має конкурентні переваги в цьому напрямі, включаючи доступ до дешевої енергії, необхідну транспортну інфраструктуру та зручне географічне розташування. Відновлення галузі після війни з акцентом на екологічно чисте виробництво може сприяти інтеграції у європейські ринки та створенню доданої вартості. Для цього необхідні значні інвестиції, програми державної підтримки та співпраця з міжнародними партнерами [3].

**ІТ-сектор** України є одним із найбільш динамічно зростаючих. До війни він забезпечував понад 4% ВВП, а обсяг експорту послуг у 2021 році досяг \$6,9 млрд. Українська ІТ-індустрія складається з понад 5 тисяч компаній, зокрема більше ніж 2 тисяч стартапів, які отримали значні інвестиції, особливо в період 2014–2019 років, коли фінансування зросло у 10 разів. Попит на ІТ-послуги залишається високим як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Проте війна внесла свої корективи, зокрема у вигляді міграції значної частини фахівців за кордон, розриву контрактів та підвищених ризиків кібербезпеки. Водночас, у післявоєнний період сектор має значний потенціал для відновлення та подальшого розвитку. Ключовими напрямками є залучення іноземних інвестицій, розробка нових цифрових продуктів і послуг, а також зміцнення правового захисту інтелектуальної власності. Завдяки висококваліфікованим кадрам і сильним позиціям на міжнародному ринку ІТ-галузь може стати рушійною силою економічного зростання України [4].

**Машинобудування** в Україні є стратегічно важливим сектором, зокрема в умовах війни, коли зростають потреби в оборонній техніці та інноваційних розробках для військових потреб. Оборонно-промисловий комплекс (ОПК) у 2023 році продемонстрував значне зростання – обсяги виробництва зросли втричі порівняно з 2022 роком, і ця динаміка продовжується. Вітчизняні виробники забезпечують військових бронетехнікою, високоточним озброєнням, дронами та спеціалізованою технікою, одночасно інтегруючись у глобальні ланцюги постачання. Наприклад, створення українських самохідних артилерійських установок «Богдана» надає можливості виходу на міжнародні ринки, де попит на надійне та доступне озброєння зростає. Також, завдяки державній підтримці через Український фонд стартапів (USF) та кластер «Bravel», відбувається активний розвиток інноваційних проєктів у сфері військових технологій. Це сприяє формуванню високотехнологічної екосистеми, орієнтованої на створення конкурентоспроможних рішень. Налагодження серійного виробництва дронів та розробка технологій для розмінування є свідченням розширення можливостей галузі у післявоєнному відновленні. Окрім оборонного напрямку, перспективи має транспортне машинобудування, зокрема виробництво залізничного рухомого складу та пасажирських вагонів для потреб внутрішнього ринку та експорту. Проєкти на кшталт співпраці з «Укрзалізницею» з модернізації залізничного транспорту сприятимуть інтеграції України до європейської транспортної системи [5].

**Інноваційні та високотехнологічні галузі.** Післявоєнна відбудова відкриває унікальні можливості для інноваційних галузей. ІТ-сектор залишається рушієм економіки, генеруючи понад 5% ВВП, із потенціалом значного зростання за рахунок підтримки стартапів та розвитку технологій подвійного призначення. Програми державної підтримки, зокрема у вигляді податкових пільг і грантів, стимулюють підприємців до створення високотехнологічних продуктів, які можуть конкурувати на міжнародному рівні. Досвід країн, таких як Ізраїль, демонструє, що інтеграція оборонних і цивільних високих технологій може забезпечити довготривале економічне зростання. В

Україні ці галузі здатні залучити значні іноземні інвестиції, якщо буде створено сприятливий бізнес-клімат із прозорою регуляторною політикою. У перспективі також важливим є розвиток галузі відновлюваної енергетики, яка може стати основою для зниження залежності від викопного палива [6].

**Дерегуляція** економіки є ключовим фактором для поживлення підприємницької діяльності. Спростивши податкову систему та адміністрування, Україна зможе залучити більше малих і середніх підприємств (МСП) до економічної діяльності, що є особливо важливим у повоєнний період. Дослідження свідчать, що МСП відіграють дедалі більшу роль в економіці, проте стикаються з численними бар'єрами через складність регуляторних процедур та корупцію. В умовах війни ці виклики поглибилися, однак держава вже демонструє зусилля в напрямі створення більш сприятливого середовища. Наприклад, спрощення митних процедур для імпорту комплектувальних деталей для виробництва безпілотних літальних апаратів або техніки забезпечило ріст цього сектору. Успішна дерегуляція створить умови для залучення інвестицій та стимулювання конкуренції, особливо в галузях, які традиційно перебували під контролем монополій [7].

**Енергетична** незалежність є критичним напрямом розвитку України. План заміни зруйнованих під час війни енергоблоків сучасними технологіями, такими як малі модульні реактори (SMR), дає шанс на модернізацію галузі. Співпраця з компаніями Rolls-Royce та Westinghouse відкриває перспективи для створення безвуглецевої енергетики. Такі проекти можуть забезпечити енергетичну стабільність та експортні можливості для України, яка прагне інтегруватися в енергосистему ЄС. У сфері логістики акцент робиться на модернізації транспортної інфраструктури та інтеграції в транс'європейські мережі. Відновлення залізничних шляхів, будівництво нових портів та розвиток мультимодального транспорту допоможуть Україні стати важливим транспортним вузлом між Європою та Азією. Синергія енергетичного та логістичного секторів сприятиме зростанню загальної конкурентоспроможності країни [8].



Отже, можна зробити висновок, що технологічний розвиток України по різних економічних секторах є нерівномірним, і сучасний виклик полягає в тому, щоб створити в Україні сприятливе середовище для інновацій, підтримати стартапи, знизити податковий тиск і покращити інфраструктуру, що дозволить повернути конкурентоздатність і забезпечити умови для інтеграції досягнень Індустрії 4.0 і навіть Індустрії 5.0 у національну економіку.

Процес переходу включає два основних напрями: цифровізацію та екологічну трансформацію. Ці елементи відповідають сучасним вимогам глобальної економіки. Воєнні дії та руйнування інфраструктури у південних і східних регіонах України створюють умови для побудови нової економічної моделі. Індустрія 5.0 пропонує сучасні бізнес-моделі, спрямовані на ефективне використання ресурсів та інтеграцію України в міжнародні економічні зв'язки. Розвиток глибоких технологій, таких як штучний інтелект, робототехніка, біотехнології та нанотехнології, є важливим елементом цього переходу. Створення умов для функціонування підприємств, що працюють у сфері Deep Tech, сприятиме залученню міжнародних інвестицій та закріпленню позицій України на глобальних ринках. Науково-дослідні інститути України вже демонструють відповідний потенціал.

Наступним важливим напрямом є розвиток людського капіталу. Війна призвела до втрат кваліфікованих кадрів, що вимагає реалізації програм з відновлення інженерної та наукової освіти. Індустрія 5.0 передбачає створення умов, у яких людина виконує не лише технологічні операції, а є активним учасником інноваційних процесів. Програми перекваліфікації та навчання є необхідними для зменшення дефіциту спеціалістів. Оскільки циркулярна економіка є складовою Індустрії 5.0, використання відновлюваних джерел енергії та впровадження принципів сталого розвитку дозволить забезпечити екологічну безпеку України. Ухвалення законодавства ЄС, зокрема Директиви 2010/75/ЄС, забезпечить інтеграцію України у європейські ринки та впровадження стандартів екологічного регулювання. Децентралізація

управління та впровадження автономних систем є необхідними для підвищення стійкості інфраструктури [9].

І ще одним важливим завданням є створення умов для інтеграції локальних інноваційних систем у національну стратегію розвитку. Перехід на стандарти ESG є критично важливим для підвищення конкурентоспроможності українських підприємств. Інтеграція цих стандартів сприятиме залученню міжнародного капіталу та розширенню доступу до нових ринків. Загалом Індустрія 5.0 є важливим етапом технологічного розвитку, який також включає соціально-економічну трансформацію. Її реалізація визначатиме довгострокову стійкість та конкурентоспроможність економіки України.

#### Список використаних джерел

1. Цифровий університет: Проєкт розвитку цифрового університету в Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/items/0932baf2-cd28-421a-a280-041db5a88c68>
2. Гуцул Т.А., Остропольська Є.В., Шафран А.І. Стратегічне планування та розвиток агропромислового комплексу України на шляху до досягнення сталого розвитку до 2030 року. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2024. 20. Р. 86-99. URL: <http://tnv-econom.ksauniv.ks.ua/index.php/journal/article/view/517/484>
3. Різник Д. Інвестиційна активність в Україні після повномасштабного вторгнення в Україну. *Економіка та суспільство*. 2023. 48: 2524-0072. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2244>
4. Лисик О., Моряк Т. Аналіз стану ІТ-сектору України в умовах повномасштабної війни. *Економіка і суспільство*. 2023. 55. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2882>
5. Карачина Н.П., Кошовий В.В., Штанько О.С. Трансформація розвитку та напрями реконструкції машинобудівної галузі України. *Економічний простір*. 2024. № 190. Р. 218-222. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/43407>
6. Васильєв О. Проблеми розвитку високотехнологічних галузей економіки України в умовах глобальної конкуренції. *Дослідження міжнародної економіки*. 2011. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/25188>
7. Орел Ю.Л., Кулініч О.В. Вплив дерегуляції підприємницької діяльності на післявоєнну відбудову економіки України: Державно-управлінський аспект. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування*. 2023. 32. Р. 32-39. URL: [https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/6\\_2023/6.pdf](https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/6_2023/6.pdf)
8. Кириленко О.В. та ін. Енергетика України: Ймовірні сценарії відновлення та розвитку. *Вісник Національної академії наук України*. 2022. 9. Р. 22-37. URL: <https://visnyk-nanu.org.ua/ojs/index.php/v/article/view/1664>
9. Весельський М.В. Переваги та ризики імплементації стандартів ЄС в Україні у сфері якості повітря. 2024. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8646/sekcija-8-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## **МЕТОД НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ВИЯВЛЕННЯ ПРИЙОМІВ ПРОПАГАНДИ ЗА МАРКЕРАМИ У ТЕКСТОВОМУ КОНТЕНТІ З ВІЗУАЛЬНОЮ АНАЛІТИКОЮ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ**

**Молчанова М.О., [m.o.molchanova@gmail.com](mailto:m.o.molchanova@gmail.com)**

*Хмельницький національний університет*

Пропаганда, прихована під виглядом звичайних новин, поширюється вже багато десятиліть, однак сучасна цифрова епоха створює сприятливі умови для ще швидшого і більш масового її розповсюдження. Нові методи генерації текстів, які дедалі частіше мало відрізняються від створених людиною, призводять до стрімкого зростання кількості контенту [1]. Це підкреслює важливість створення автоматизованих методів для виявлення пропагандистських маніпуляцій, що сприятиме усвідомленому сприйняттю інформації користувачами і забезпеченню безпеки інформаційного середовища.

На сьогоднішній день ефективними засобами для автоматизованого виявлення та класифікації прийомів і об'єктів пропаганди у текстовому контенті є засоби штучного інтелекту. Однак, попри бурхливий розвиток галузі обробки природної мови, відсутній комплексний інструмент, який би не лише забезпечував виявлення та класифікацію прийомів пропаганди, а й показував на кого і на що вона спрямована. Також проблемою використання моделей глибокого навчання є їх низька інтерпретованість, що породжує недовіру до нейромережевого виявлення пропаганди.

Схема методу виявлення прийомів пропаганди за маркерами у текстовому контенті з візуальною аналітикою прийнятих рішень наведена на рис. 1. Працює метод шляхом перетворення вхідних даних у вигляді множини навчальних текстів для ідентифікації кожного маркера пропаганди, множини навчальних текстів для кожного прийому пропаганди та тестового тексту для виявлення використаних прийомів пропаганди у вихідні дані у вигляді множини навчених нейромережевих моделей для ідентифікації кожного з прийомів пропаганди, множини навчених нейромережевих моделей для ідентифікації кожного маркера з доповненої множини маркерів, та оціненого тексту щодо сил проявів кожного

прийому пропаганди, а також візуальна аналітика прийнятих класифікаторами рішень [2].

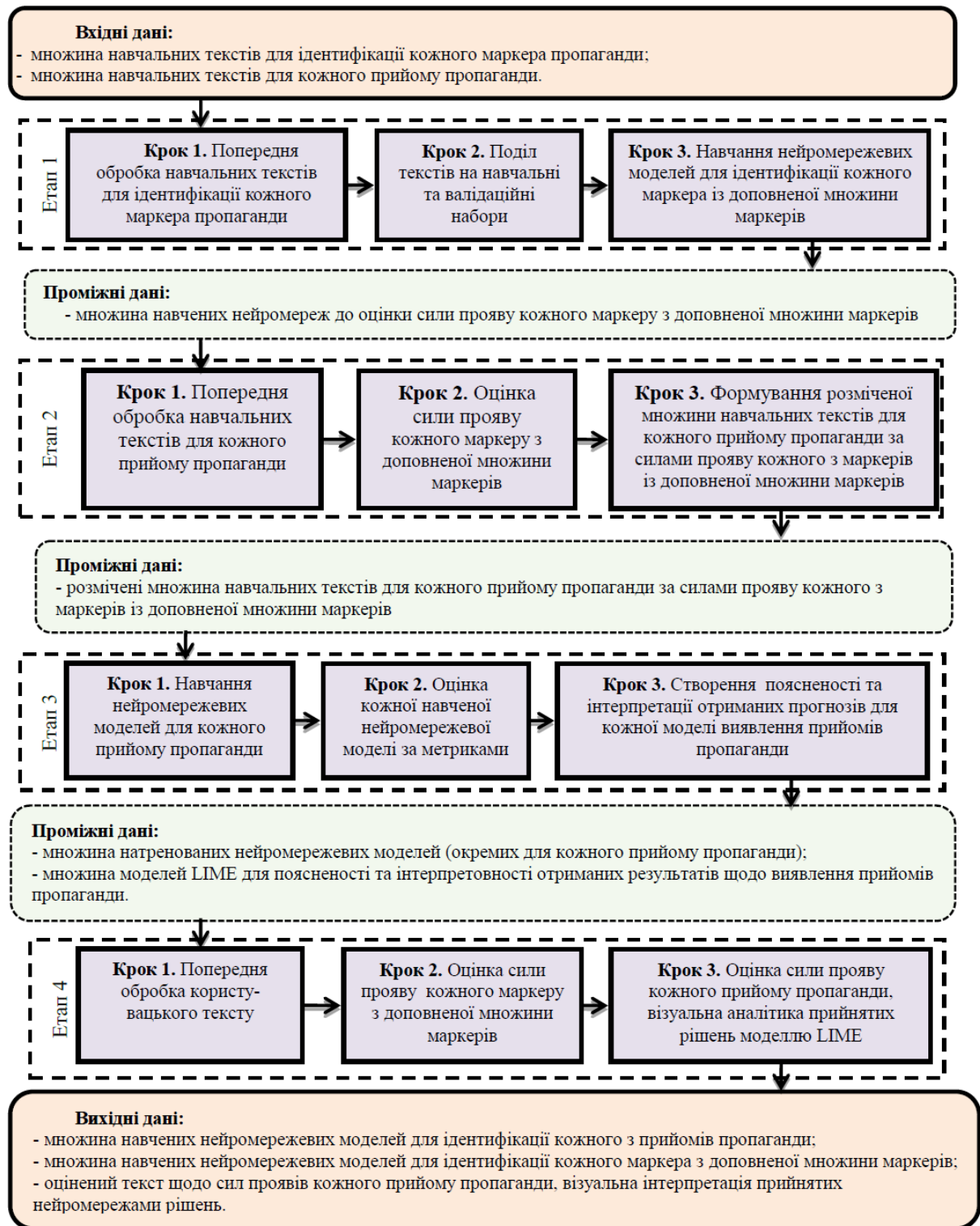


Рис. 1. Схема методу виявлення прийомів пропаганди за маркерами

Етап 1 складається з послідовного виконання кроків попередньої обробки навчальних текстів для ідентифікації кожного маркера пропаганди, поділу

текстів на навчальні та валідаційні набори та навчання нейромережових моделей для ідентифікації кожного маркера із доповненої множини маркерів.

Етап 2 складається із виконання таких послідовних кроків, як: попередня обробка навчальних текстів для кожного прийому пропаганди, оцінка сили прояву кожного маркера з доповненої множини маркерів та кроку формування розміченої множини навчальних текстів для кожного прийому пропаганди за силами прояву кожного з маркерів із доповненої множини маркерів.

Етап 3 складається із послідовного виконання таких кроків: навчання нейромережових моделей для кожного прийому пропаганди (1 модель відповідає 1 окремому прийому пропаганди), оцінки кожної навченої нейромережової моделі за метриками та створення поясненості у вигляді візуальної аналітики для отриманих прогнозів по кожній моделі виявлення прийомів пропаганди.

Етап 4 відповідає безпосередньо за класифікацію текстового контенту, та полягає у послідовному виконанні таких кроків: попередня обробка користувачького тексту, що відбувається у відповідності до використовуваних нейромережових засобів, оцінці сили прояву кожного маркера з доповненої множини маркерів та оцінка сили прояву кожного прийому пропаганди з візуальною аналітикою прийнятих рішень методом LIME.

Запропонований метод дозволяє як отримувати значення сили прояву застосованих прийомів пропаганди, так і дає додаткову поясненість у вигляді оцінок маркерів, а також візуальної аналітики. В ході навчання нейромережових моделей, що відповідають за класифікацію використаних прийомів пропаганди, було досягнуто значень за метрикою Accuracy від 0.82 до 0.97. Більш детально дані дослідження наведені на рис. 2.

Розроблений метод протестовано на ідентифікації 17 прийомів пропаганди [3]. Однак, їх перелік можна розширити, на що і будуть спрямовані подальші дослідження.

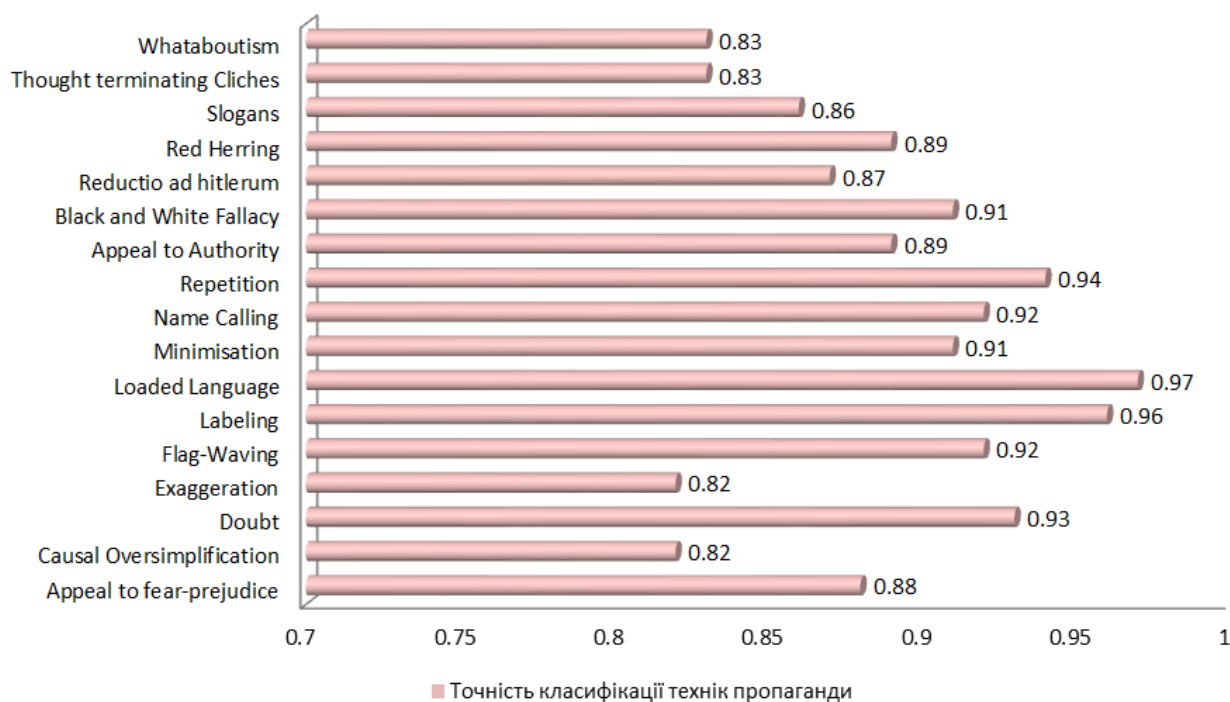


*Рис. 2. Досягнута точність класифікації використаних прийомів пропаганди*

Отже, розроблено метод виявлення прийомів пропаганди за маркерами із візуальною інтерпретацією прийнятих рішень, який відрізняється від існуючих використанням доповненої множини маркерів для виявлення прийомів пропаганди, що дозволяє пояснити отримані результати і підвищити точність та якість виявлення пропаганди.

#### Список використаних джерел

1. Faye G., Icard B., Casanova M., Chanson J., Maine F., Bancilhon F., Gadek G., Gravier G., Egre P. Exposing propaganda: an analysis of stylistic cues comparing human annotations and machine classification. *Proceedings of the Third Workshop on Understanding Implicit and Underspecified Language*. 2024. P. 62–72.
2. Молчанова М.О. Метод класифікації текстів за вмістом пропаганди нейромережевими моделями глибокого навчання. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. 5(341). С. 344-350.
3. Молчанова М.О. Нейромережеве виявлення і класифікація прийомів та об'єктів пропаганди у текстовому контенті. *Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»*. 2024. № 4. С. 153-161.

## РОЛЬ ГЕЙМІФІКАЦІЇ В СУЧАСНІЙ ВІЗУАЛЬНІЙ КУЛЬТУРІ

Ніжегородцев В.О., [nizhegorodcev@ukr.net](mailto:nizhegorodcev@ukr.net),

Левицький В.О., [228vlad4@gmail.com](mailto:228vlad4@gmail.com),

Саханда А.І., [asakhanda.19@gmail.com](mailto:asakhanda.19@gmail.com)

*Державний податковий університет*

Сучасна гейміфікація, на сьогодні, виконує важливу роль, сприяючи залученню, навчанню та взаємодії між користувачами та медіаконтентом. Суть гейміфікації відбувається у використанні ігрових елементів, що стимулює інтерес та інтерактивність. Це явище прояв на численні сфери сучасного життя – від освіти до маркетингу і навіть медіа та мистецтва.

Завдяки гейміфікації процес споживання контенту стає не просто пасивним, а емоційним та інтерактивним, що сприяє створенню стійкого емоційного зв'язку між споживачем і продуктом або твором мистецтва. У контексті візуальної культури вона змінює традиційні форми комунікації та створює нові можливості для експериментів у дизайні, мистецтві та рекламі.

Художники та дизайнери збагачують свої роботи ігровими елементами, дозволяючи глядачеві стати активним учасником творчого процесу. Гейміфікація в рекламних кампаніях дозволяє створювати ігрові сценарії, які заохочують залучення споживачів, підтримують лояльність до бренду та створюють позитивний імідж продукту. Кампанії з елементами гейміфікації залишають у користувачів позитивні емоції, що забезпечують їхню лояльність до бренду та ймовірність повернення до продукту чи послуги.

Гейміфікація є потужним інструментом у маркетингу, де бренди вибирають елементи гри, щоб залучити та збільшити аудиторію. Це додатково створювати емоційний зв'язок з брендом і стимулює користувачів повертатися до продукту. Візуально такі елементи часто реалізуються через квести, вікторини, колекційні цифрові картки та навіть віртуальну реальність. Ігрові елементи роблять рекламу більш захопливою, спонукають користувачів проводити більше часу з брендом і бачити про його товари.

Експертка з гейміфікації Джейн Макгонігал підкреслює, що ігрові механіки

можуть ефективно залучати людей до процесу. На думку авторки, цей процес може допомогти підвищити внутрішню мотивацію адже створює відчуття прогресу і задоволення від досягнення нових цілей; гейміфікація є універсальним підходом, який можна використовувати в багатьох сферах - від освіти і науки до мистецтва і медіа [1]. Таким чином, гейміфікація в рекламних кампаніях є потужним інструментом, який дозволяє підвищити залученість та створити стійкий зв'язок із брендом, використовуючи інноваційні та захопливі методи.

Гейміфікація виступає як потужний інструмент для розвитку навичок учасників проекту, включаючи креативність, вирішення проблем, співробітництво та багато інших. Вона використовує ігрові принципи та механізми, щоб створити стимули для навчання та розвитку [2, с. 272].

Тим не менш, під час впровадження ігрових елементів у освітній процес, педагоги виявили, що потенціал гейміфікації для підвищення навчальних досягнень і залучення учнів, може мати негативні наслідки, зокрема: зміщення фокусу на отримання винагороди, а не на засвоєння необхідних знань - прагнучи отримати заохочення, забуває про необхідність якісного навчання; надмірна конкуренція - може призвести до виникнення нездорової атмосфери у колективі; передбачувані та повторювані сценарії, перенасичення ігровими елементами - може призвести до зниження рівня зацікавленості [3, с. 53].

Приклади гейміфікації в мистецтві, рекламі та інших галузях демонструють її ефективність у залученні аудиторії. Наприклад, платформа для вивчення мов Duolingo пропонує користувачам систему балів, нагород і рівнів, щоб заохотити до регулярного навчання і зробити цей процес цікавим і змагальним.

Цікавим є також додаток Nike Run Club, який використовує механізм викликів та відстеження результатів для заохочення фізичної активності, допомагаючи користувачам залишатися вмотивованими та досягати нових спортивних досягнень.

Ще один, не менш відомий додаток Kahoot та Quizizz дозволяють вчителям створювати інтерактивні тести. Під час уроків учні можуть конкурувати між



собою, що підвищує їхній інтерес до предмета. Проекти, які поєднують художні концепції з гейміфікацією, створюють інтерактивні мистецькі роботи. Візуальні елементи гейміфікації сприяють підвищенню мотивації в навчанні, особливо серед молоді, яка звикає до динамічного контенту та інтерактивних форматів. Сучасні платформи вибирають яскраві іконки, анімацію, системи балів та досягнень для покращення навчального процесу.

Гейміфікація в рекламі часто застосовується через інтерактивні веб-сторінки та мобільні додатки, де користувачі беруть участь у випробуваннях, заробляють бали за покупки та отримують віртуальні винагороди, створюючи емоційний зв'язок з брендом. Деякі компанії використовують гейміфікацію для відбору кандидатів. Наприклад, в компанії Deloitte HR використовує онлайн-ігри та симуляції для тестування навичок і рішень кандидатів у реальних робочих ситуаціях.

У соціальних мережах гейміфікація погіршує підвищену активність користувачів через різноманітні челенджи, нагороди для участі та тематичні події. такі ініціативи надають користувачам відчуття причетності до певної культури чи спільноти.

Завдяки технологіям AR і VR бренди створюють інтерактивні простори, де користувачі можуть взаємодіяти з продуктами у віртуальному середовищі. Це сприяє глибшому зануренню і виділяє саме серед конкурентів.

Роль гейміфікації в сучасній візуальній культурі є надзвичайно важливою, оскільки вона забезпечує новий рівень інтерактивності та допомагає встановити тривалий емоційний зв'язок з користувачем. Використання ігрових механік у мистецтві, рекламі, освіті та інших сферах дозволяє створювати унікальний, захопливий і мотивуючий досвід, підвищуючи інтерес до взаємодії та задоволення від неї. Гейміфікація вже трансформує підходи до дизайну, комунікації та споживання інформації, і її вплив буде зростати з розвитком технологій. Універсальність гейміфікації та її ефективність у залученні аудиторії робить її ключовим елементом сучасної візуальної культури.

### Список використаних джерел

1. Макгонігал Дж. Реальність зламана: чому ігри роблять нас кращими та як вони можуть змінити світ: Нью-Йорк: Penguin Press. 2011. 416 с.
2. Кузнєцова Т.В. Нові горизонти: гейміфікація у проектному менеджменті. *Українські студії в європейському контексті*. №7. 2023. С.269-278.
3. Городецький О. В. Цифрова гейміфікація як сучасний освітній тренд. О.В. Городецький, О.Н., Романюк (ред.). Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2024» (26-27 жовтня 2024 р. Одеса, Україна) Одеса: Одеський національний технологічний університет, 2024. С. 53-54.

## СУЧАСНІ ТРЕНДИ МОУШН-ДИЗАЙНУ У ЦИФРОВОМУ МАРКЕТИНГУ

Ніжегородцев В.О., [nizhegorodcev@ukr.net](mailto:nizhegorodcev@ukr.net),

Помінчук Я.В., [yanapominchuk2004@gmail.com](mailto:yanapominchuk2004@gmail.com),

*Державний податковий університет*

Сучасні тренди в дизайні змінюються настільки швидко, що важко встигнути їх оцінити. Плaskі й елегантні форми поступаються місцем великим об'ємним елементам, пастельні кольори відходять на задній план, поступаючи яскравішим відтінкам, а мінімалізм починає поєднуватися з надлишком деталей.

Сьогоднішній моушн-дизайн об'єднує елементи традиційного графічного дизайну, анімації та звуку для створення інтерактивного і динамічного контенту, що активно використовується в різних маркетингових каналах. Платформи соціальних мереж, сайти, мобільні додатки та рекламні відео стають все більш насиченими анімаційними елементами, що дозволяє брендам взаємодіяти з їхньою аудиторією на більш глибокому емоційному рівні.

Моушн-дизайн, або дизайн рухомої графіки, є ключовим інструментом для створення привабливого та динамічного візуального контенту, що стає невід'ємною частиною сучасних цифрових комунікацій. У світі, де інформація поширюється зі швидкістю світла, моушн-дизайн дозволяє ефективно привернути увагу, підсилити візуальну ідентичність бренду та забезпечити емоційний зв'язок із аудиторією. Завдяки використанню інноваційних технологій та трендів, цей напрямок відкриває нові горизонти у взаємодії між брендами і споживачами, сприяючи успішному вирішенню бізнес-завдань у маркетингу та брендингу.

Моушн-дизайн — це напрямок графічного дизайну, що поєднує анімацію, відео-продакшн і кінематографічні елементи. Прикладом є кінетична типографіка та графіка, що використовуються у фільмах і на телебаченні, а також ідентифікаційні логотипи телевізійних каналів [1].

Моушн-дизайн активно впроваджується у цифровий маркетинг завдяки його здатності створювати яскравий та запам'ятовуваний контент. Анімаційні

елементи застосовуються в рекламі, соціальних мережах, мобільних додатках і вебсайтах.

Моушн-дизайн – це мистецтво створення анімації та рухливих графічних образів, яке використовується в різних сферах, від реклами та мультимедійних розваг до корпоративної ідентичності та веб-дизайну і очевидно, перспективою в медіа індустрії є те, що моушндизайн відкриває багато можливостей для покращення візуальної комунікації та розширює горизонти мультимедійних проектів у різних галузях: від додавання руху та динаміки до візуального контенту, що робить його більш привабливим та зрозумілим для аудиторії [2].

Платформи, такі як Instagram, Facebook, TikTok, активно використовують моушн-дизайн для залучення уваги та утримання аудиторії. Наприклад, короткі анімовані відео або рекламні ролики у форматі Stories дозволяють передати емоційний меседж у кількох секундах, що робить бренди ближчими до споживача.

Щодо українського моушн-дизайну, то він наразі перебуває на визначальному етапі, коли, з одного боку, можна констатувати перспективу стрімкого просування вперед цього виду мистецтва завдяки сприятливим соціокультурним обставинам, а з іншого результат відставання вітчизняної освіти від активної динаміки діджитал-попиту. Отож протягом тривалого періоду можна спостерігати у нашій країні потужну динаміку мистецтва у контексті медіа-арту - зростання від елементів продакшну кіно і телебачення до окремої, повноцінної галузі діджитал- маркетингу [3].

Моушн-дизайн також сприяє підвищенню ефективності рекламних кампаній. За даними досліджень, відеоконтент у 1,5 рази частіше спонукає користувачів до дій, ніж статичний контент, що підкреслює його значення у цифровій комунікації.

Моушн-дизайн став важливим інструментом для створення сучасного, інтерактивного та естетичного контенту, який підсилює маркетингові та брендингові стратегії. Завдяки використанню динамічної графіки бренди можуть ефективно доносити свої цінності, виділятися серед конкурентів і будувати

емоційний зв'язок із аудиторією. Тренди та інструменти, які постійно розвиваються, забезпечують нові можливості для реалізації креативних ідей, роблячи моушн-дизайн однією з найважливіших складових цифрового світу.

#### Список використаних джерел

1. Motion graphic design. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_graphic\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_graphic_design)
2. Матеріали 28-го міжнародного молодіжного форуму «*Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті*» (16–18 квітня 2024 р., Харків, Україна). І. В. Масляк, наук. керівник ст. викладач Р. О. Бобнів (ред.). Харків : ХНУРЕ. 2024. Т. 3. С. 376–378.
3. Олійник В. Моушн-дизайн у контексті українського сучасного медіа-арту: зміст і перспективи. *Деміург: ідеї, технології, перспективи дизайну*. 2022. 5(2). Р. 261–269.

## НОМІНАТИВНІ ЗБАГАЧЕННЯ СИСТЕМ АЛГОРИТМІЧНИХ АЛГЕБР

Нікітченко М., [nikitchenko\\_ms@knu.ua](mailto:nikitchenko_ms@knu.ua)

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Піонерська робота В. М. Глушкова «Теорія автоматів і формальні перетворення мікропрограм» [1] значно випередила свій час. В цій роботі було фактично закладено основи математичного підходу до програмування, що привело, зокрема, до визначення систем алгоритмічних алгебр (ССА), які складаються з взаємопов'язаних алгебр операторів та умов. Операціями алгебри операторів є послідовне виконання (множення операторів), умовний вибір ( $\alpha$ -диз'юнкція) та умовна ітерація ( $\alpha$ -ітерація); операціями алгебри умов є диз'юнкція, кон'юнкція та заперечення. Ще однією операцією, заданою на алгебрах умов та операторів, є операція множення оператора на умову, результатом якої є нова умова. Ця операція фактично дозволяла описувати властивості операторів і тим самим задавала основу логік програм. Тому не є дивним, що подальші роботи з теорії програмування (програмування без оператора goto, структурне програмування, динамічні логіки тощо) були фактично різними варіантами систем алгоритмічних алгебр.

Разом з тим, рівень абстракції у визначенні САА був надзвичайно високим. Пов'язано це з тим, що дані розглядались абстрактно і не мали ніякої структурованості. Тому САА можна охарактеризувати як формалізми пропозиційного рівня (що до речі підтверджується у назві пропозиційних динамічних логік).

Безумовно, вказана абстрактність САА була очевидною, тому не є дивною поява різних збагачень САА, зокрема, в роботах О. А. Летичевського, Ю. В. Капітонової, К. Л. Ющенко, Г. О. Цейтліна, О. Л. Перевозчиковій, П. І. Андона, А. В. Анісімова, А. Ю. Дорошенка та інших [2]). Ці збагачення узагальнювали практику програмування, але не надавали їй необхідного методологічного обґрунтування.

Вказані обставини актуалізують наступні проблеми:

–сформулювати методологічні засади збагачення формалізму САА,

- побудувати відповідні алгебри програм, та
- розробити логіки програм, базовані на побудованих алгебрах.

В даній роботі основну увагу буде приділено саме методологічним засадам.

Почнемо з загальних питань структуризації даних. Базовими структурами є:

- множини значень*,
- послідовності значень*,
- сукупності іменованих значень* (такі дані в подальшому називатимемо

*номінативними даними*).

Проаналізуємо, яка з вказаних структур буде адекватною для збагачення ССА. Основними операціями для структурованих даних є операція вибору потрібного значення та операція оновлення значення.

Для *множин* операція вибору потрібного значення (елемента) з множини  $A$  чітко не визначена. Інтуїтивно така операція полягає у недетермінованому виборі довільного елемента  $s$  з подальшою його перевіркою за допомогою предиката  $p$ . Для формалізації такої операції можна скористатись аксіомою виділення  $\{s \in A \mid p(s)\}$ , яка вибирає всі елементи, що задовольняють  $p$ ; якщо потрібен однозначний вибір, то треба використовувати механізм дескрипції. Це доволі складно.

Для *послідовностей* (або інших структурованих даних) найпростішим є механізм вибору за вказівником (наприклад, для машин Тюрінга таким вказівником є голівка машини, яка вказує на потрібне значення). Аналогічно виконується і операція оновлення значення.

Для *номінативних даних* механізм вказівників суттєво збагачується наявністю різних *імен* і *параметричних* (за іменами) операцій вибору та оновлення значення.

Практика програмування підтверджує проведений аналіз та засвідчує, що множини використовуються доволі рідко, переважно для специфікації проблем; послідовності використовуються частіше, але в основному для специфічних випадків; а номінативні дані по суті є універсальними, зокрема задають структури пам'яті комп'ютерів, стани змінних, словники, таблиці тощо. Така широка застосовність номінативних даних є свідченням їх фундаментальності,

яка, на жаль, ще є недооціненою. Щоб зрозуміти витoki такої фундаментальності номінативних даних треба розглянути загальнометодологічні (філософські) питання номінативності, її витoki та застосування.

Спочатку відзначимо кореляцію розглянутих структур даних з формами мислення. Можна сказати, що мислення у *відчуттях* певним чином моделюється структурою множин, оскільки вибір об'єкта відбувається на підставі безпосередніх відчуттів щодо цього об'єкта; мислення у *сприйняттях* певним чином моделюється системою даних із вказівниками (тобто Ostenсивною системою), яка дозволяє направлено виокремити певний об'єкт у його безпосередній цілісності, тим самим створюючи його образ. Далі, цьому образу надається *ім'я*, яке вже може використовуватись у мисленні. Іншими словами, реальність сприймається мисленням (на рівнях *розсудку* та *розуму*) на підставі імен об'єктів. Це означає, що *номінативність* є необхідною, об'єктивною та фундаментальною складовою пізнання реальності.

Оскільки імена є проміжною ланкою між мисленням та реальністю, то виникає можливість задіяти імена не лише в мисленні, а і в реальності, створюючи тем самим номінативно збагачену реальність. Наприклад, коли на будинки вішають таблички з назвами вулиць та номерами будинків, то відбувається номінативне збагачення наявної реальності. Тому, повертаючись до програмування, відзначимо, що імена можуть бути взяті з реальності або надані суб'єктом при побудові моделей реальності. Підсумовуючи, можна стверджувати, що номінативність є фундаментальною рисою мислення. Тому не є дивним важливість номінативності і в програмування.

Наведені міркування дозволяють сформулювати наступну проблему: розробити математичну теорію номінативності (теорію іменування), орієнтовану на комп'ютерні науки. Така теорія має включати методологічні засади номінативності, моделі (алгебри) та логіки номінативності.

В рамках вказаної проблематики отримано наступні формальні результати:

– надано загальне визначення номінативних даних із складними іменами та складними значеннями, а саме, нехай  $V$  – нескінченна множина базових імен,  $A$



– непорожня множина базових значень,  $V^+$  – множина скінченних послідовностей імен (множина складних імен). Тоді множина номінативних даних із складними іменами та значеннями  $NDC^V_A$  задається рекурсивним визначенням

$$NDC^V_A = A \cup (V^+ \rightarrow NDC^V_A).$$

На множині  $NDC^V_A$  визначаються операції видалення  $|-_x$ , накладання  $\nabla^x$  та деномінації  $'x$  ( $x \in V^+$ ). Тим самим визначено алгебру даних  $ANDC^V_A$ .

– побудовано алгебру *програм* над номінативними даними із складними іменами та значеннями

$$APrgC^V_A = \langle PrC^V_A, FnC^V_A, PrgC^V_A;$$

$$\vee, \neg, \exists x, Ex, \sim, 'x, S^u_P, S^u_F, id, AS^x, \bullet, IF, WH, FH \rangle;$$

де  $PrC^V_A = NDC^V_A \rightarrow Bool$ ,  $FnC^V_A = NDC^V_A \rightarrow A$  і  $PrgC^V_A = NDC^V_A \rightarrow NDC^V_A$  – класи предикатів, ординарних і програмних функцій, а операції алгебри описано в [3].

Побудовану алгебру можна розглядати як номінативне збагачення САА;

– на базі алгебр  $PrC^V_A$  (з різними  $A$ ) визначено *логіку програм*  $LPrC^V$  над номінативними даними. З цією метою визначається мова логіки, заснована на сигнатурі алгебр  $APrgC^V_A$ , клас інтерпретацій конструкцій мови, відношення наслідку  $\models$  та відношення вивідності  $\vdash$ , яке задається секвенційним численням.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що роботи В. М. Глушкова заклали основи алгоритмічних алгебр і логік специфікацій програм та їх збагачень, які дозволяють адекватну формалізацію процесів програмування.

### Список використаних джерел

1. Глушков В.М. Теория автоматов и формальные преобразования микропрограмм. *Кибернетика*. 1965. № 5. С. 1–9.
2. Андон Ф.И., Дорошенко А.Е., Цейтлин Г.Е., Яценко Е.А. Алгеброалгоритмические модели и методы параллельного программирования. К.: Академперіодика, 2007. 634 с.
3. Nikitchenko, M. Composition-nominative methods and models in program development. *SN computer science*. 2022. 3(507). DOI: [10.1007/s42979-022-01335-2](https://doi.org/10.1007/s42979-022-01335-2)

## МЕТОД АНАЛІЗУ ПРОЯВІВ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО СТРЕСОВОГО РОЗЛАДУ ЗА НЕЙРОМЕРЕЖЕВИМ АНАЛІЗОМ ТЕКСТІВ

Овчарук О.М., [off4aruk@gmail.com](mailto:off4aruk@gmail.com),

Мазурець О.В., [exe.chong@gmail.com](mailto:exe.chong@gmail.com)

*Хмельницький національний університет*

На тлі сучасних подій, які супроводжуються значним стресом, таких як військові конфлікти, стихійні лиха чи соціальні заворушення, зростає кількість випадків посттравматичного стресового розладу серед населення [1]. Традиційні методи діагностики виявляються малоефективними, оскільки вони вимагають прямої взаємодії з пацієнтом та значного часу для оцінки його стану.

З огляду на зростання доступності текстових даних, актуальною стає розробка методології створення навчальних наборів, які дозволять підвищити точність та чутливість моделей до текстових ознак ПТСР [2]. Такий підхід не лише покращить ефективність діагностики, але й сприятиме своєчасному наданню допомоги людям, які пережили травматичні події. В умовах швидких змін у соціально-психологічному середовищі використання нейронних мереж для виявлення симптомів ПТСР стає нагальною потребою, спрямованою на забезпечення цифрового психологічного добробуту суспільства.

Метою дослідження є розробка методу аналізу проявів посттравматичного стресового розладу за нейромережевим аналізом текстового контенту, що перетворює вхідні текстові дані у результат у вигляді оцінки ймовірності наявності ПТСР у користувацькому контенті.

Запропонований метод базується на використанні нейронної мережі, навченої на спеціально створеному наборі даних, який знижує ризик помилкового виявлення ПТСР у випадках інших психічних розладів [3]. Для текстового аналізу застосовувалася нейронна мережа з квантовим шаром. Архітектурна схема мережі для діагностики ПТСР за текстовими даними представлена на рис. 1.

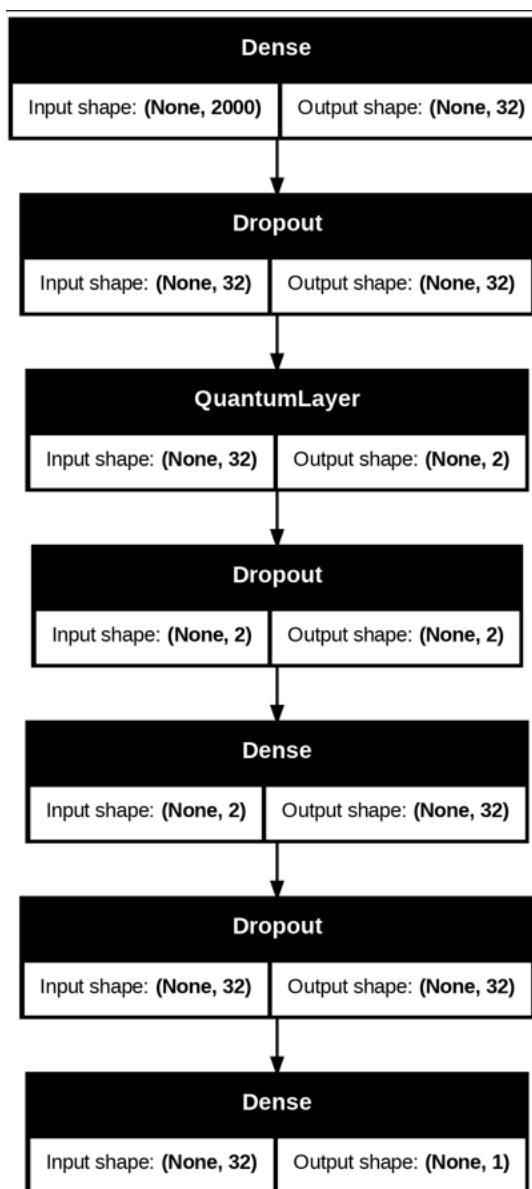


*Рис. 1. Архітектура неймережі для аналізу проявів посттравматичного стресового розладу за аналізом текстового контенту*

Розроблений метод аналізу проявів посттравматичного стресового розладу за неймережевим аналізом текстового контенту дозволяє перетворювати вхідні текстові дані на оцінку ймовірності присутності ПТСР у контенті користувачів.

На першому етапі проводиться підготовка текстів, що включає їх токенізацію та перевірку на довжину й повноту даних. З текстів зберігаються розділові знаки, емодзі та інші елементи, які можуть бути важливими для діагностики ПТСР. Для токенізації використовується спеціалізований токенізатор, який відповідає моделі, застосованій у процесі навчання.

Другий етап передбачає аналіз текстів за допомогою нейронної мережі, що базується на трансформерній архітектурі, орієнтованій на контекст, для визначення проявів ПТСР.

Вхідний шар моделі, який відповідає формату вхідних даних, має розмірність 2000, що відображає довжину вектора для аналізу слів. Цей шар на схемі не зображено. Далі йдуть щільні (Dense) шари, які забезпечують повне з'єднання нейронів між шарами. Dropout-шар, що деактивує частину нейронів у процесі навчання, допомагає запобігти перенавчанню; у цьому дослідженні застосовується значення Dropout на рівні 70%.

Вихідний шар класифікації представлений одним нейроном із функцією активації «Sigmoid», яка забезпечує результат у діапазоні від 0 до 1, що дозволяє оцінювати ймовірність проявів ПТСР.

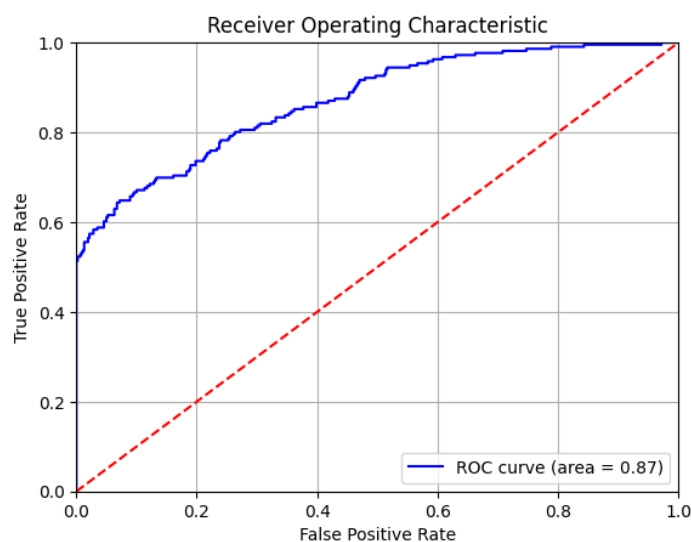


*Рис. 2. ROC-криві нейронної мережі для аналізу проявів посттравматичного стресового розладу*

Для підвищення точності діагностики й зменшення ризику помилкового ототожнення ПТСР із іншими психічними розладами створено спеціальний навчальний набір даних. Формування цього набору здійснювалось шляхом відбору даних із наявних ресурсів, таких як «AyaPTSD» [4] та \*«HumanStressPrediction» [5], які доступні на платформі Kaggle.

Ефективність підходу була оцінена на хмарній платформі Google Colab. Результати представлені у вигляді ROC-кривої для на рисунку 2.

У результаті навчання моделі на створеному наборі даних було досягнуто наступних показників: точність склала 0.85, а площа під кривою (AUC) досягла 0.88. Навчання проводилося протягом 100 епох із використанням механізму ранньої зупинки, щоб запобігти перенавчанню та зберегти оптимальну версію моделі. Розмір навчальної партії (batch size) дорівнював 64, а словниковий запас охоплював 2000 токенів.

Отже, запропонована архітектура нейронної мережі продемонструвала значне покращення результатів у порівнянні з існуючими методами аналізу проявів посттравматичного стресового розладу за аналізом текстового контенту. Це має особливе значення для вирішення задачі виявлення проявів ПТСР у текстах. Розроблений підхід забезпечив вищу точність аналізу та зменшив ризик плутанини з іншими психічними розладами.

#### Список використаних джерел

1. Browning L., Rashid I., Javanbakht A. The Current State of Digital Technologies for the Treatment and Management of PTSD- A Look into the Future of Psychiatry. Preprints 2024, 2024091313. DOI: [10.20944/preprints202409.1313.v1](https://doi.org/10.20944/preprints202409.1313.v1)
2. Quillivic R., Gayraud F., Auxéméry Y. et al. Interdisciplinary approach to identify language markers for post-traumatic stress disorder using machine learning and deep learning. *Scientific Repository*. 2024. 14, 12468. DOI: [10.1038/s41598-024-61557-7](https://doi.org/10.1038/s41598-024-61557-7)
3. Мазурець О.В., Овчарук О.М. Підхід до збільшення розмірності вхідних даних для нейромережевого прогнозування значень показників епідеміологічної небезпеки. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи сучасної науки: теорія і практика» (16-18 вересня 2024. Львів, Україна). 2024. С. 192-198.
4. Набір даних «AyaPTSD». URL: <https://www.kaggle.com/datasets/abdelrahmanahmed3/aya-ptsd>
5. Набір даних «HumanStressPrediction». URL: <https://www.kaggle.com/datasets/kreeshrajani/human-stress-prediction/data>

## ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЗНАЧУЩОСТІ ФАКТОРІВ У ЛІНІЙНИХ МОДЕЛЯХ

Орехова Н., [naorexova@gmail.com](mailto:naorexova@gmail.com),

Коваль В., [07\\_sv@i.ua](mailto:07_sv@i.ua),

Лук'янов І., [ihorlukianov@gmail.com](mailto:ihorlukianov@gmail.com),

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ*

**Актуальність задачі.** На початковому етапі створення комп'ютерних моделей складних систем важко одразу виділити найбільш важливі фактори. Іноді на попередньому етапі розробки моделі кількість малозначущих факторів може досягати 80%. Таке збільшення розмірності значно ускладнює проведення комп'ютерних експериментів. Крім того, це може заважати розумінню взаємодії важливих факторів, які визначають основу функціонування системи, що моделюється. Тому раннє виявлення малозначущих факторів моделі дуже важливо для подальшого модельного дослідження.

У даній роботі порівнюються деякі методи оцінки значущості факторів, реалізовані у бібліотеці *scikit-learn* для моделей лінійної регресії, з методом, розробленим на основі простої нейромережі, створеної з використанням бібліотеки Keras ([2]).

*Scikit-learn* – бібліотека машинного навчання з відкритим кодом ([1]), яка підтримує контрольоване та неконтрольоване навчання, а також надає різні інструменти для попередньої обробки даних, вибору моделі та її оцінки. *Keras* – відкрита високорівнева нейромережна бібліотека, написана мовою Python, призначена для зручного та швидкого конструювання моделей глибокого навчання та проведення різноманітних експериментів з ними ([2]).

Для обчислювальних експериментів було розроблено декілька програм мовою програмування *Python*. Середовище розробки: *Jupyter Notebook*.

Під час розрахунків було використано наступні бібліотеки для наукових обчислень: *numpy* (1.23.5), *pandas* (2.0.3), *sklearn* (1.2.2), *matplotlib* (3.7.1), *keras* (ver.3.3.3).

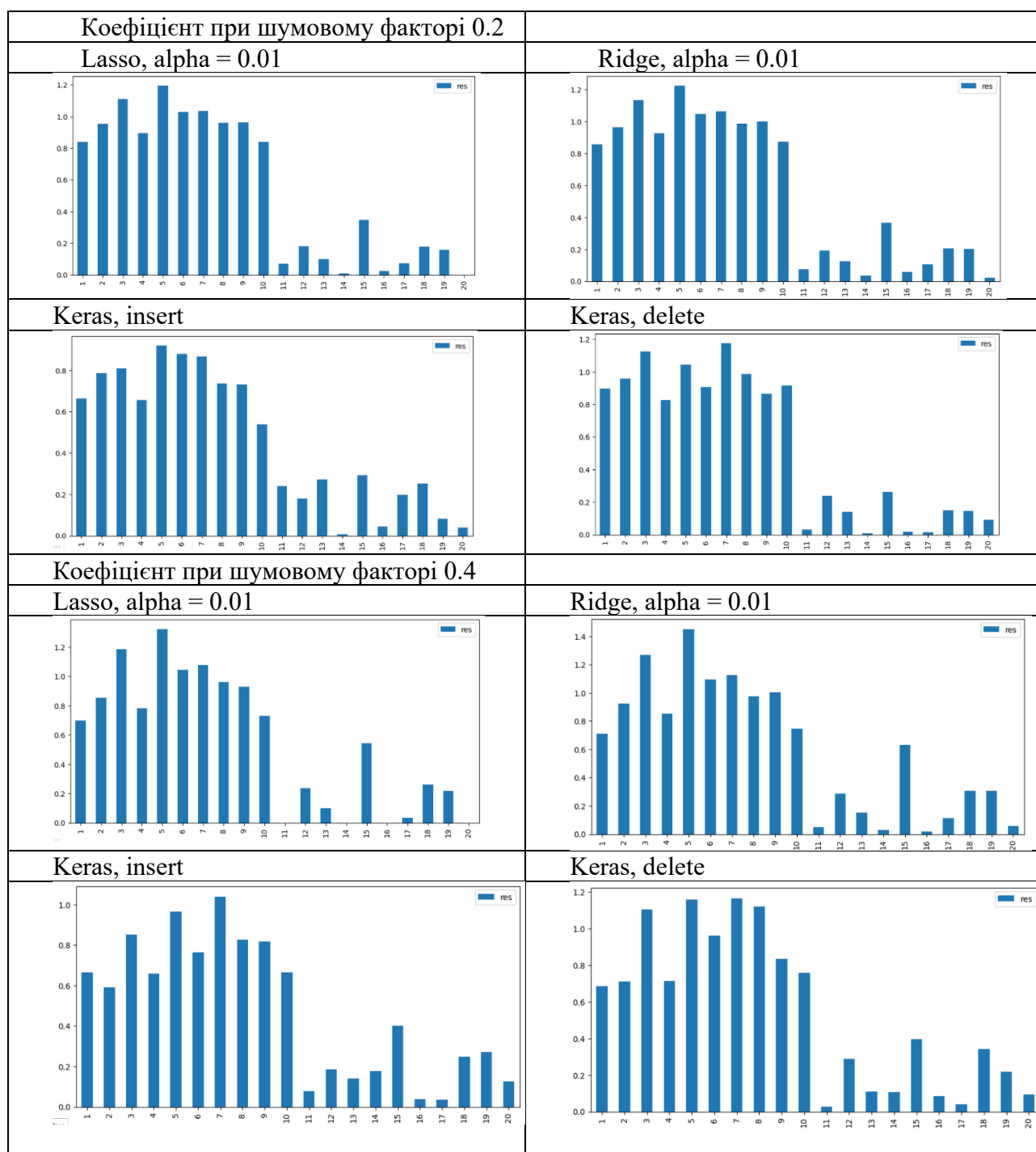
**Модель даних.** Для порівняння методів оцінки значущості факторів було створено штучну модель даних, що мала наступний вигляд. Зразок даних є масивом, що складається зі значень  $n$  факторів  $X_i$  і відповідного їм значення цільової функції  $Y$ . Змінні  $X_i$  приймають випадкові значення, рівномірно розподілені в діапазоні  $[0; 1]$  з кроком  $1/30$ . Значення цільової функції  $Y$  обчислюється як сума значень змінних (факторів) з певними коефіцієнтами. Вважається, що  $m$  перших факторів є значущими, їх коефіцієнти дорівнюють 1, інші фактори малозначущі, їх коефіцієнти дорівнюють  $z$ , де  $z \in [0; 0.2]$ . Кількість зразків в наборі дорівнює  $L$ . Потрібно, маючи набір зразків, визначити значущість факторів і порівняти, наскільки отримані значення узгоджуються з реальними. Для візуалізації результатів обчислень будувалися діаграми за допомогою бібліотеки *matplotlib*.

**Тестування.** Порівнювалася робота вбудованих методів, реалізованих у бібліотеці *scikit-learn*: LASSO ([3]), Ridge ([4]), та метода власної розробки, оснований на використанні простої нейромережі, створеної за допомогою бібліотеки Keras .

*LASSO* - лінійна модель, навчена з використанням *L1* регуляризації. *Ridge* - гребенева регресія або регуляризація Тихонова, в якій функція втрат є лінійною функцією найменших квадратів, а регуляризація визначається нормою *L2*. Параметр регуляризації альфа – константа, на яку множиться член *L1* для *LASSO* та *L2* для *Ridge*, – контролює силу регуляризації. Значення альфа має бути невід'ємним числом у діапазоні  $[0, \infty)$ . Коли альфа = 0, це еквівалентно методу найменших квадратів.

Створена за допомогою Keras нейромережа, що реалізує регресію, навчається на наборі наявних даних. Навчена мережа дозволяє передбачати значення цільової функції при довільних значеннях змінних з діапазону допустимих значень. З її допомогою оцінюється внесок кожного фактору до цільової функції двома способами: фіксуються зміни значення цільової функції

- 1) при додаванні певної змінної до пустого набору;
- 2) при виключенні цієї змінної з максимального набору.



Отримані значення вважаються оцінками значущості відповідної змінної. Тестування методів проводилося для різної кількості факторів, різної кількості зразків в наборі, та різного співвідношення значущих та малозначущих змінних. Також досліджувалася стійкість методів до випадкового шуму. Наведені діаграми відповідають моделі з 20 факторами, в якій перші 10 коефіцієнтів дорівнюють 1, інші – 0.1. Кількість зразків в наборі дорівнює 60.



Шум – нормально розподілена випадкова величина з математичним сподіванням 0, дисперсією 1. Шумовий фактор входить до цільової функції з коефіцієнт 0.4.

**Висновки.** Розроблений метод на основі простої нейромережі, створеної з використанням бібліотеки Keras, продемонстрував результати, не гірші за результати роботи вбудованих методів бібліотеки *scikit-learn*. Він дозволяє досить впевнено визначати значущі та малозначущі фактори лінійної моделі навіть за наявності випадкового шуму.

#### Список використаних джерел

1. Keras. URL: <https://keras.io/about/>
2. Scikit-learn. URL: <https://scikit-learn.org/stable/index.html>
3. Lasso. URL: [sklearn.linear\\_model.Lasso](#)
4. Ridge. URL: [sklearn.linear\\_model.Ridge](#)

## ОПТИМІЗАЦІЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ КОХОНЕНА В SCADA-СИСТЕМУ ДЛЯ ЗАДАЧ РОЗВІДКИ ТА ВИДОБУВАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ

Ошкодъоров Є.О., [oshkodorov.e@gmail.com](mailto:oshkodorov.e@gmail.com)

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору*

*Національної академії наук України*

### **Вступ.**

В епоху цифрових технологій нафтовидобувна промисловість стикається з необхідністю вдосконалення методів управління та прогнозування, що дозволяють ефективніше використовувати ресурси та знижувати витрати [2]. Основною метою цього дослідження є інтеграція нейронних мереж у процеси розвідки та видобування для підвищення ефективності SCADA-систем.

**Методи та середовище.** Розробка підходу для інтеграції нейронної мережі Кохонена в SCADA-систему базувалася на використанні методу кластеризації. Мережа Кохонена була обрана завдяки її здатності до нелінійного аналізу даних та виділення схожих структур у складних даних. Під час аналізу використовувались дані про свердловини, зібрані SCADA-системою, що дозволило виділити основні патерни.

У процесі виконання дослідження в галузі видобувних свердловин було застосовано програмне середовище MATLAB, яке є потужним інструментом для чисельного моделювання, аналізу даних та машинного навчання. MATLAB дозволяє ефективно працювати з великими обсягами даних і забезпечує засоби для реалізації алгоритмів нейронних мереж, включаючи SOM.

**Архітектурна інтеграція SCADA-системи з нейронною мережею.** Для побудови системи було використано SCADA-систему, яка забезпечує збір та обробку даних із польових сенсорів, що вимірюють тиск, температуру, обсяг видобутку тощо. Інтеграція SCADA з нейронною мережею Кохонена дозволила автоматизувати процес кластеризації даних та виділення характерних груп свердловин зі схожими параметрами.

На рис. 1 представлено архітектуру SCADA-системи з інтеграцією нейронної мережі Кохонена. Входи мережі забезпечуються даними сенсорів, які

надходять до SCADA-сервера для подальшої кластеризації в режимі реального часу [1].

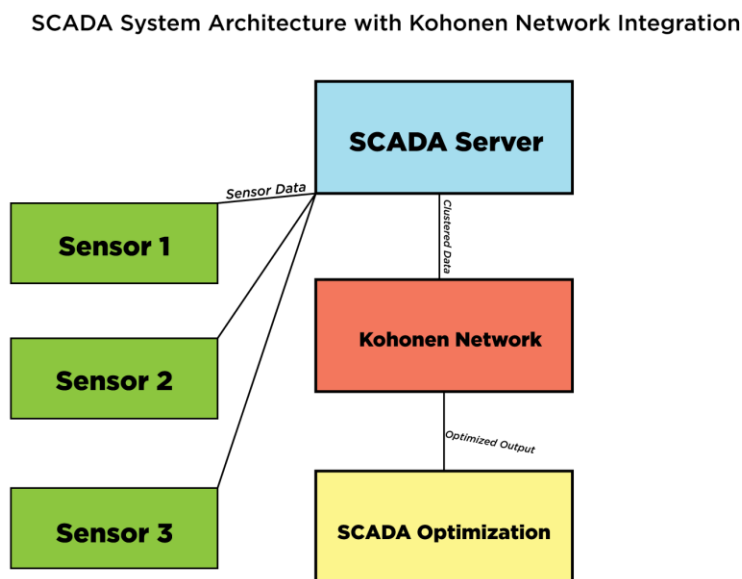


*Рис. 1 Архітектура SCADA-системи  
з нейронною мережею Кохонена*

**Навчання мережі Кохонена та математична модель розрахунків.** Під час розробки видобувних свердловин використовувалось середовище MATLAB, яке надавало можливість виконувати чисельне моделювання та аналіз даних. Для навчання нейронної мережі Кохонена було використано 300 наборів даних, отриманих зі SCADA-системи, що містили параметри, такі як тиск, температура та дебіт. Результатом кластеризації стали 6 кластерів, які об'єднали свердловини з подібними характеристиками.

Для визначення оптимальної кількості кластерів використовувався метод «лікоть» (Elbow Method), який аналізує залежність WSS (сума квадратів всередині кластерів) від числа кластерів. Залежність WSS (Within-Cluster Sum of Squares) від кількості кластерів  $k$  обчислюється за формулою:

$$WSS(k) = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} \|x - \mu_i\|^2$$

Оптимальна кількість кластерів була визначена на рівні 6, що відповідало точці вигину на графіку. Приклад розрахунків показав значення WSS для різних  $k$  становить 5200, коли  $k=5$  - 4100, коли  $k=6$  - 3500.

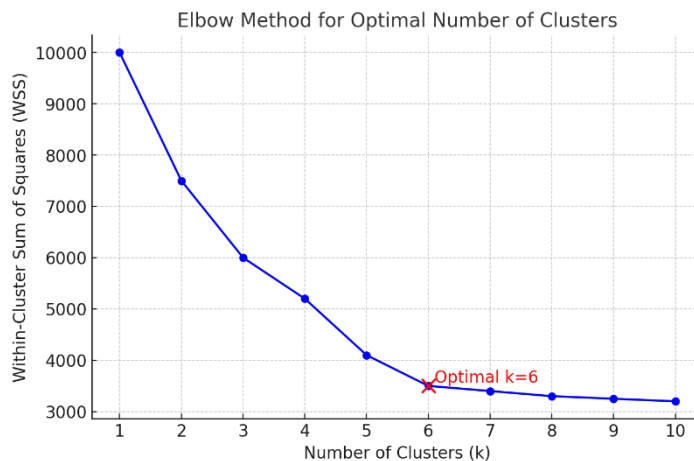


Рис. 2 Графік залежності WSS від кількості кластерів

На рис. 2 зображено графік залежності WSS від кількості кластерів, що дозволяє визначити оптимальну кількість кластерів для кластеризації свердловин.

Навчання мережі Кохонена базується на алгоритмі конкурентного навчання, де вектор ваг  $w$  оновлюється за формулою:

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \eta(t) \cdot (x(t) - w_i(t)),$$

де  $\eta(t)$  — коефіцієнт навчання, а  $x(t)$  — вхідний вектор.

Метою навчання є мінімізація евклідової відстані між вагами та вхідними векторами:

$$d = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - w_{ij})^2}$$

де  $x_j$  — компоненти вхідного вектора, а  $w_{ij}$  — компоненти вагового вектора [3].

### Висновки.

В результаті дослідження було розроблено підхід до інтеграції нейронних мереж у SCADA-систему для задач розвідки та видобування вуглеводнів. Використання мережі Кохонена дозволило виділити ключові групи свердловин, що дало змогу покращити процес управління та оптимізувати витрати на їх

обслуговування. Застосування такого підходу на видобувних свердловинах в реальних умовах дозволило скоротити витрати на енергетичні витрати на 15% та зменшити кількість незапланованих зупинок обладнання на 20%.

Перспективи наступних досліджень полягають у реалізації розробленого методу в промислових системах на різноманітних об'єктах видобутку та тестування ефективності на більш масштабних даних.

#### **Список використаних джерел**

1. Коган, М. Л. Теорія та практика застосування нейронних мереж. Київ: Наукова думка. 2008.
2. Гончаренко І. В. Сучасні SCADA-системи в нафтогазовій промисловості. *Нафтогазові технології*. 2015.
3. Сидоренко В. П. Застосування самоорганізуючих карт Кохонена для кластеризації даних. *Сучасні інформаційні технології*. 2017.

## ЕФЕКТИВНЕ РОЗМНОЖЕННЯ ДАНИХ У КОМУНІКАЦІЙНІЙ МОДЕЛІ ПУБЛІКАЦІЇ-ПІДПИСКИ

Пантелеймонов А.А. [a.panteleymonov@gmail.com](mailto:a.panteleymonov@gmail.com),

Щетинін Д.І. [schetinin.d@gmail.com](mailto:schetinin.d@gmail.com),

Коваль В.П. [07\\_sv@i.ua](mailto:07_sv@i.ua),

*Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України*

Під час програмування систем, побудованих з використанням швидкого асинхронного обміну повідомленнями між блоками цієї системи [1-3], часто виникає задача ефективного розмноження потоку повідомлень на велику кількість підписантів в рамках комунікаційної моделі публікації-підписки. При масштабуванні цієї задачі виникають певні труднощі з швидким вичерпуванням процесорних обчислювальних ресурсів і блокуванням на конкурентному доступі різних потоків виконання до спільної оперативної пам'яті.

У таблиці 1 наводяться типові показники деградації продуктивності при поступовому збільшенні навантаження (кількості підписантів). При використанні традиційної схеми розмноження шляхом циклічного закладання повідомлень в асинхронні черги (індивідуальна черга на кожного підписанта), що вичитуються окремими потоками виконання, спостерігається спочатку лінійне збільшення загального часу затримки обробки кожного індивідуального повідомлення. Потім з вичерпанням кількості процесорних ядер апаратної платформи ця залежність стає нелінійною, що фактично призводить до повної деградації цього показника, хоча при цьому пропускна здатність залишається приблизно на тому ж рівні (див. табл. 1, колонка «послідовна розсилка в циклі»). Вже для фактору розмноження 32 не вдалось отримати статистику показників продуктивності через фактичну неспроможність системи витримати запропонований темп обробки.

Отримані показники продуктивності на одну апаратну одиницю вимагали при значній кількості підписників застосування схеми розподіленої обробки з залученням великої кількості обчислюваних вузлів хмарного сервісу, через що її було визнано незадовільною. Тому було запропоновано ряд удосконалень

традиційної схеми (в першу чергу за рахунок використання спільної черги і атомарних неблокуючих операцій [4,5]) як альтернативний підхід до розмноження даних, сукупність яких дозволяє значно відтермінувати момент необхідності застосування горизонтального масштабування.

*Таблиця 1.*

***Показники продуктивності традиційної та вдосконаленої схем розмноження повідомлень в залежності від кількості підписантів (темп надходження – 100 тис. повідомлень на секунду).***

| Схема розмноження | Послідовна розсилка в циклі по індивідуальних чергах |                                 |                  | Незалежне вичитування зі спільної черги |                                 |                  |
|-------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|------------------|
|                   | Затримка, мкс                                        | Фактичний темп, $10^6/\text{с}$ | Завантаж. ЦПУ, % | Затримка, мкс                           | Фактичний темп, $10^6/\text{с}$ | Завантаж. ЦПУ, % |
| 1x1               | 780                                                  | 0.10                            | 33               | 120                                     | 0.11                            | 12               |
| 1x4               | 1440                                                 | 0.12                            | 120              | 360                                     | 0.11                            | 30               |
| 1x8               | 1700000                                              | 0.07                            | 400              | 600                                     | 0.10                            | 60               |
| 1x32              | -                                                    | -                               | -                | 1650                                    | 0.11                            | 580              |

Серед застосованих рішень виділимо наступні:

1. Спільна неблокуюча черга на основі атомарних операцій [5].
2. Замість пересилки повідомлень з вхідної черги у проміжний буфер поодинці, додавання вмісту шляхом переналаштування голови зв'язаного списку.
3. Реалізація шаблону фабрики для повторного використання обгортки повідомлень, що також заснована на атомарних операціях, замість глобальної та багатьох локальних черг з балансуванням кількості між ними. Додавання звільнених обгортки у фабрику ланцюжками, а не поодинці.
4. Використання одностов'язаних списків з власних обгортки, тому що в нашому конкретному випадку посилення на попередній елемент не є необхідним, а зайві ресурси обслуговування цієї логіки забирає.
5. Зміна дизайну інтерфейсу блочної пост-обробки повідомлень, щоб запобігти перекладанню поодинці повідомлень з однієї черги в іншу.

Акумулявання метрик продуктивності з урахуванням блочного характеру обробки.

6. Перебір вихідних точок передачі повідомлень за допомогою «лінивих» таблиць відповідності, якщо вимагається «розумна» маршрутизація повідомлень в залежності від типу.

Після застосування вище перелічених прийомів було проведено синтетичні тести на процесорі Apple M1 Pro з темпом надходження повідомлень 100 тисяч на секунду. Кількість джерел не є суттєвим фактором, що було підтверджено її варіюванням від одного до чотирьох. Результати тестів відображено на рис. 1:

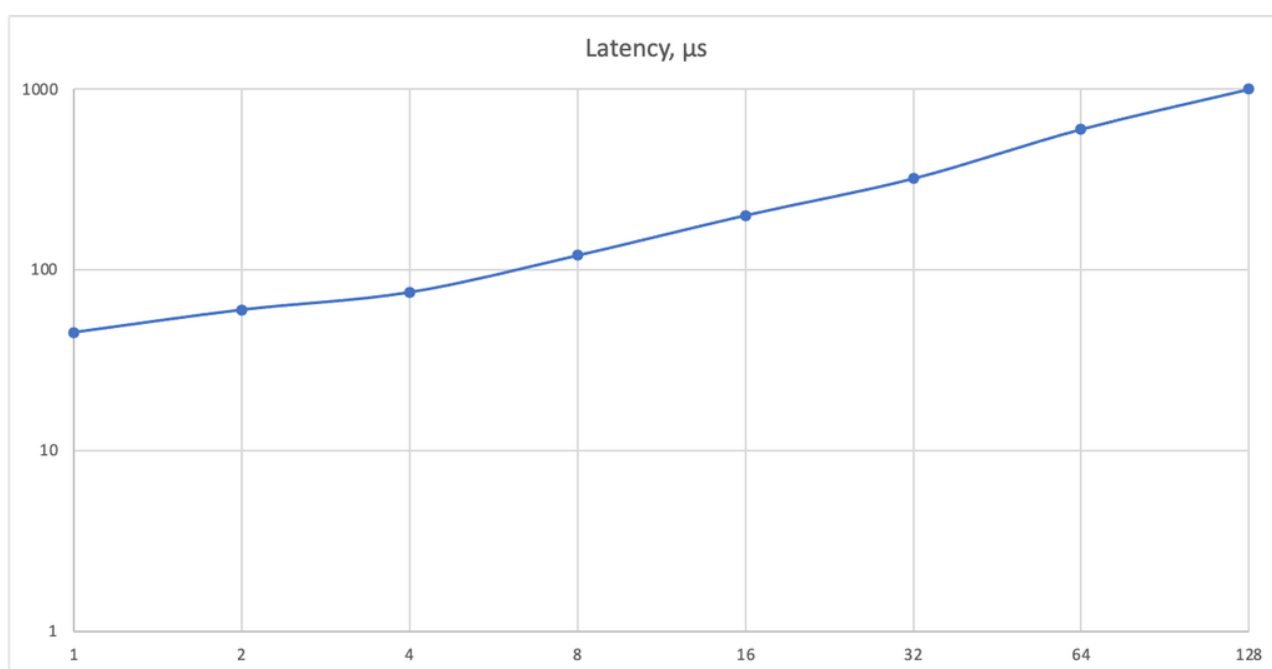


*Рис. 1. Залежність загальної середньої затримки обробки повідомлень (у мікросекундах) від кількості підписантів*

По вертикалі використано логарифмічну шкалу. Обробка на боці підписанта обмежувалась вимірюванням точного часу надходження повідомлення. Коли кількість підписантів перевищувала 150, навантаження ЦПУ сягало 100%. При цьому досягалась стеля пропускну здатності у більш ніж 15 мільйонів повідомлень на секунду, і вимірювання затримки обробки повідомлення втрачало сенс, тому що повідомлення починали надходити швидше, ніж вийматись.



Отримані числа свідчать про значне покращення пропускної здатності мережі, побудованої на принципі атомарного доступу до спільної черги розмноження повідомлень в рамках комунікаційної моделі публікації-підписки, що дозволяє значно відтермінувати момент необхідності застосування горизонтального масштабування. До недоліків цієї схеми можна віднести необхідність резервування оперативної пам'яті під максимальний можливий розмір буферу, якщо будь-який з підписантів виймає повідомлення повільніше, ніж вони надходять. Але така ситуація є незручною для будь-якої реалізації асинхронної конвеєрної обробки, де загальна швидкість обробки вирівнюється по самій повільній ланці.

#### Список використаних джерел

1. Пантелеймонов А.А., Щетинін Д.І., Коваль В.П. Накопичення, обробка і пошук даних від мереж автономних сенсорів контролю якості повітря. *Матеріали 12-ої Міжнар. наук.-практ. конф. «Глушковські читання»* (26 жовтня 2023, Київ, Україна). Київ. 2023. С. 142-145
2. Пантелеймонов А.А., Гапон А.В., Манойло Ю.Н. Оптимизация транспортного уровня системы комплексной обработки событий. *Труды 53-ой научной конференции МФТИ*. МФТИ. 2010. С. 95-96.
3. Пантелеймонов А.А., Щетинин Д.И., Гапон А.В., Манойло Ю.М., Черевко О.В. Комплексная обработка событий. *Труды 52-ой научной конференции МФТИ. Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук*. Часть VII том 2. М.: МФТИ. 2009. С. 34.
4. Maurice Herlihy, Nir Shavit. *The Art of Multiprocessor Programming*, Revised First Edition. Morgan Kaufmann. 2012. 511 p.
5. Class VarHandle. Java SE 9 & JDK 9 Oracle Documentation. 2017. URL: <https://docs.oracle.com/javase/9/docs/api/java/lang/invoke/VarHandle.html>

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ РЕНТГЕН-ЗНІМКІВ ЛЕГЕНЬ

Пашко А.О, [aap2011@ukr.net](mailto:aap2011@ukr.net),

Сучков В.І., [valentynsuchkov@gmail.com](mailto:valentynsuchkov@gmail.com)

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Діагностика стану дихальної системи та подальший його моніторинг є важливою задачею при проведенні лікування пацієнтів у випадках захворювань легень. Рентген-знімки легень є ключовими джерелами даних для діагностики захворювань. Проте великі об'єми даних, завантаженість персоналу та інші фактори можуть впливати на якість діагностики [4]. Тому, використання методів штучного інтелекту може вирішити поставлену проблему та збільшити якість та швидкість обробки медичних даних [2].

Головна задача, що постає, полягає у виявленні змін на знімках легень і, відповідно, їх класифікація. Найбільш сучасним підходом для вирішення поставленої задачі є використання нейронних мереж.

В роботі досліджується використання згорткової нейронної мережі (Convolutional Neural Network або CNN) для класифікації рентген-знімків легень. Застосовується алгоритм оптимізації Adam, що покращує продуктивність нейронної мережі. Оптимізатор Adam поєднує в собі ідеї двох інших розширень стохастичного градієнтного спуску: RMSprop (середньоквадратичне розповсюдження) і AdaGrad (адаптивний градієнтний алгоритм). Оптимізатор Adam спирається на вищевказані методи для забезпечення реалізації більш оптимізованого градієнтного спуску [3].

Мета дослідження – класифікація зображень на два класи: вірусна пневмонія, спричинена COVID-19, та бактеріальна пневмонія. В дослідженні використовується знімки з датасету, автором якого є Джозеф Пауль Коен (Joseph Paul Cohen) з університету Монреаля [1]. Датасет містить 577 рентген-знімків, які відносяться до вищевказаних класів. Для навчання та тестування був використаний розподіл зображень у пропорції 70 до 30.

Дані для навчання були піддані етапу попередньої обробки – зображення були зведені до одного розміру та збільшено їх масштаб. Розглянемо приклади зображень з датасету.

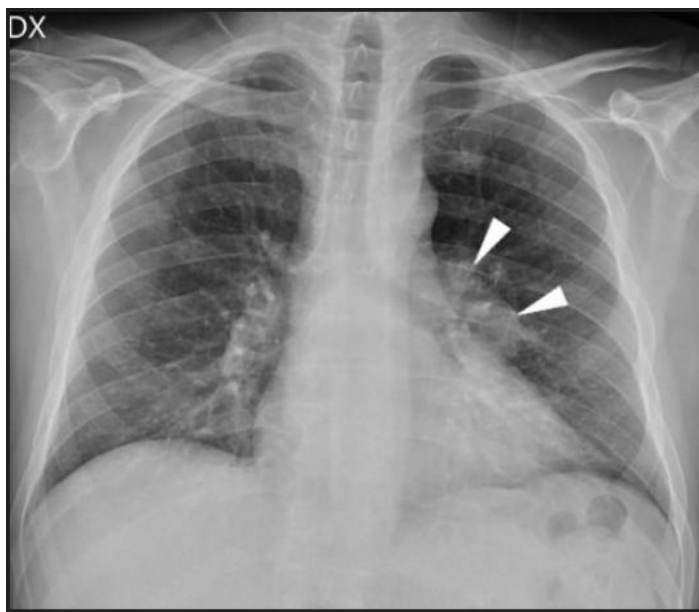


*Рис. 1. Зображення бактеріальної пневмонії*

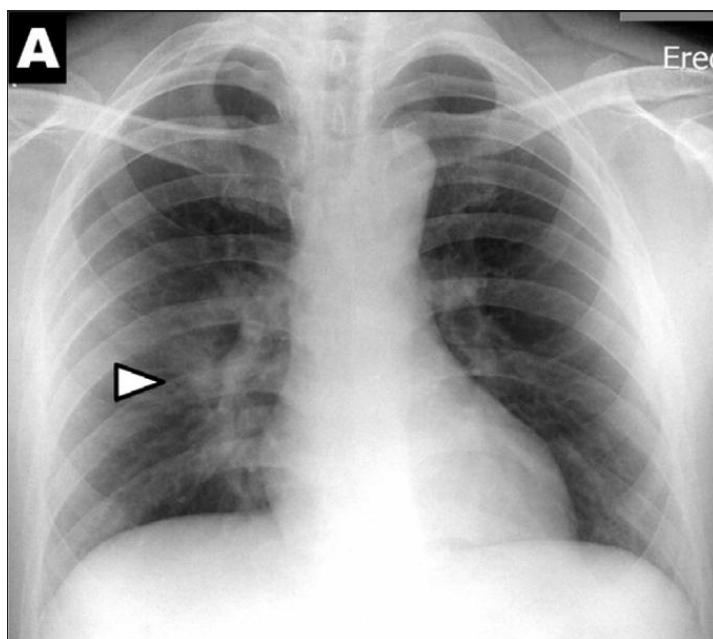


*Рис. 2. Зображення вірусної пневмонії, спричинене COVID-19*

Структура нейронної мережі складається з трьох згорткових шарів. Отриманий показник точності склав 87,05%.

В подальших дослідженнях планується розглянути різні конфігурації згорткових нейронних мереж та методи попередньої обробки зображень, які відіграють важливу роль у покращенні якості даних для навчання.

Загалом застосування нейронних мереж для задачі класифікації зображень легень може знайти широке застосування у медичній сфері. Автоматизація процесу аналізу зображень допоможе підвищити точність показників стану пацієнта та діагностики.

#### **Список використаних джерел**

1. Cohen J. P., Morrison P., Dao L., Roth K., Duong T. Q., Ghassemi M. COVID-19 Image Data Collection: Prospective Predictions Are the Future. 2020. URL: <https://github.com/ieee8023/covid-chestxray-dataset>
2. Baltruschat I., Steinmeister L., Nickisch H et al Smart chest X-ray worklist prioritization using artificial intelligence: a clinical workflow simulation. 2021. European Radiology. 31:3837–3845. DOI: [10.1007/s00330-020-07480-7](https://doi.org/10.1007/s00330-020-07480-7)
3. Kingma D. P., Ba J. Adam: A method for stochastic optimization. 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>
4. Narin A., Ceren K., Ziyet P. Automatic detection of coronavirus disease (covid-19) using X-ray images and deep convolutional neural networks. 2020. arXiv:2003.10849.

## ДЕЯКІ ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ СИТУАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ «УПРАВЛІННЯ\_ТЕП» З ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА

Писаренко Ю.В., Мамедова К.Ю., Коваль О.С., Рево Є.М.

[newjulia1979@gmail.com](mailto:newjulia1979@gmail.com), [e.melkumyan@ukr.net](mailto:e.melkumyan@ukr.net), [t70000s@gmail.com](mailto:t70000s@gmail.com),  
[jvpisarenko@ukr.net](mailto:jvpisarenko@ukr.net)

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, м. Київ*

Актуальними проблемами у наш час є проблеми відстеження переміщень різноманітних БПЛА над містом майбутнього, відстеження правопорушень що можуть відбуватись за допомогою цих БПЛА, запобігання таким правопорушенням, чітка ідентифікація БПЛА та їх власників, всебічна допомога та врегулювання правових колізій, що можуть виникнути на ниві використання БПЛА. Одним зі способів вирішення даних проблем є створення мережі регіональних ситуаційних центрів (РСЦ) для управління рухом БПЛА над містами, їх сертифікації, відстеження, тощо; створення центральних ситуаційних центрів (ЦСЦ) для керування та координації роботи РСЦ [1, 2]. Дана концепція є невід'ємною складовою інтелектуальної системи “Управління\_ТЕП” (рис. 1) для розвідки та знешкодження небезпечних техно-екологічних подій (ТЕП) [3].

Дане дослідження було спрямоване на подальше вивчення питань, пов'язаних зі створенням і реальним запуском подібної системи. Очевидно, що дана система повинна спиратись на всебічну співпрацю з виробниками відповідного обладнання, на чіткий механізм сертифікації БПЛА, на розбиття їх по класам. Для цього є важливим докладний опис їх основних властивостей. Можливо, така інформація могла б спочатку формуватися виробником БПЛА на етапі його розробки та йти з ним у комплекті. За фактом це:

- дані, пов'язані з формою власності, власником, типом БПЛА та іншими формальностями;
- повні масогабаритні характеристики;
- повні льотні характеристики (швидкість, маневреність тощо);
- повні характеристики щодо батареї та енергоспоживання;

- характеристики звуко- та фотовідео-записуючих пристроїв;
- характеристики маніпуляторів та систем скидання вантажів;
- характеристики пристрою управління БПЛА та модулів, що забезпечують зв'язок;
- характеристики датчиків, встановлених на БПЛА.
- характеристики ПЗ, встановленого на БПЛА, його можливостей з автономного польоту.

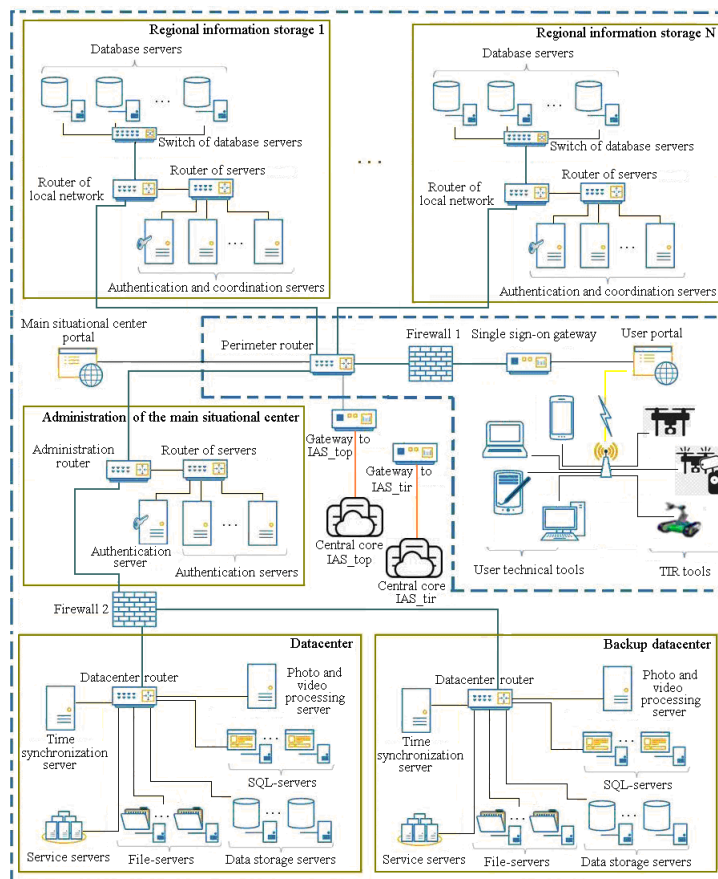


Рис. 1. Структурно-функціональна графічна схема основних режимів роботи інтелектуальної системи «Управління ТЕП»

З урахуванням цієї інформації за умов подальшого розвитку системи і здобуття нею можливості керування БПЛА, отримуємо наступний метод підбору БПЛА для автономного виконання того чи іншого завдання від РСЦ:

$$F(k, \bar{a}, \bar{p}) = \prod_i^N a_{ik} \cdot p_i \xrightarrow{\text{var}\mathbb{X}} \max, \quad (1)$$

де  $a_{ik}$  – ваговий коефіцієнт впливу  $i$ -го параметра БПЛА на успішність виконання  $k$ -го завдання,  $N$  – це кількість параметрів БПЛА, за якими відбувається відбір,  $p_i$  – нормалізоване значення  $i$ -го параметру для аналізованого БПЛА, при цьому  $p_i$

належить проміжку між мінімальним та максимальним значенням для всіх БПЛА в системі,  $\mathcal{N}$  – множина конкуруючих зразків екземпляра  $i$ -го типу комплектуючих для  $k$ -го завдання.

РСЦ – це не тільки засіб контролю, а також засіб допомоги при виникненні тих чи інших позаштатних ситуацій, це обчислювальні потужності, не обмежені вагою, яку може підняти в повітря конкретний літальний апарат. Звідси випливає, що РСЦ має передавати БПЛА наступні дані:

- поточну карту повітряних трас та зон над містом за запитом;
- оптимальний маршрут польоту повітряними трасами (конкретні координати, швидкісні обмеження тощо);
- інформацію в динаміці про наявність поблизу інших БПЛА, швидкість та вектори їх руху;
- інформацію про можливе зіткнення та команду/рекомендацію як розминутися;
- команда на перехоплення управління і, власне, команди цього управління (з урахуванням досвіду керування заданим БПЛА за певною оптимальною стратегією управління згідно моделі; дані, що передаються з БПЛА до РСЦ, дозволяють таку стратегію виробити);
- різноманітні текстові, аудіо, фото, відео повідомлення для випадку, коли БПЛА управляється людиною. Причому з можливістю передачі координат 4D об'єктів у просторі для створення ефекту доповненої реальності;
- фото та відео-стріми, що пройшли постобробку для заміни того, що показують камери БПЛА (маскування/цензурування, – наприкладі розмитого зображення місцевості);
- коригуючу інформацію про політ (наприклад, уточнення координат на основі експрес-аналізу картинки з відео-камер);
- загальну інформацію про політ, БПЛА, фіз-, метеопараметри, тощо.

На основі даних принципів розробляється концепція додатку для роботи з РСЦ, який побачить клієнт РСЦ, що купив БПЛА та пройшов сертифікацію (рис. 2).

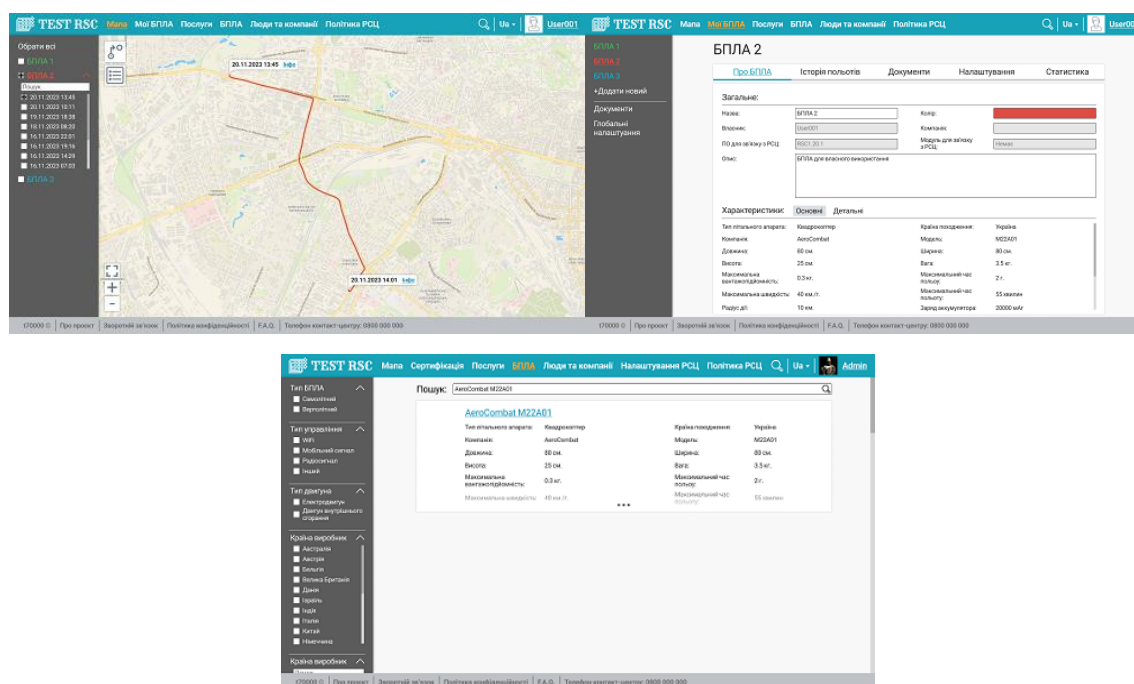


Рис. 2. Приклади інтерфейсу з прототипу клієнтської частини програм

### Список використаних джерел

1. Melkumian K., Pisarenko J., Koval A. Organization of Regional Situational Centers of the Intelligent System «CONTROL\_TEA» using UAVs. Proceedings of IEEE 6th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development, «APUAVD-2021» (19–21 October 2021, Kyiv, Ukraine). 2021. P. 37–40.
2. Писаренко Ю., Мелкумян К., Варава І., Коваль О., Чумакова Н. Про організацію регіональних ситуаційних центрів інтелектуальної системи «Управління\_ТЕП» з використанням БПЛА. *Штучний інтелект*. № 93. 2022. С 155-167.
3. Pisarenko J., Melkumyan E. The Structure of the Information Storage «CONTROL\_TEA» for UAV Applications. Proceedings of IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, «APUAVD-2019» (22–24 October 2021, Kyiv, Ukraine). 2019. P. 274–277.



## СТРАТЕГІЇ ЗАХИСТУ СКЛАДНИХ МЕРЕЖЕВИХ ТА БАГАТОШАРОВИХ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ

Поліщук О., [od\\_polishchuk@ukr.net](mailto:od_polishchuk@ukr.net)

Поліщук Д., [do.polishchuk@gmail.com](mailto:do.polishchuk@gmail.com)

*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача  
НАН України, Львів, Україна*

Кожна природна або створена людиною система є уразливою до багатьох внутрішніх та зовнішніх негативних впливів. Клімат та стан біосфери Землі погіршуються під дією індустріального суспільства, фінансові кризи та збройні конфлікти негативно впливають на економіку, демографічні процеси та соціальні настрої населення, поширення неправдивої інформації спотворює суспільну думку громадян, терористичні і хакерські атаки, стихійні лиха та техногенні катастрофи, епідемії небезпечних інфекційних захворювань і комп'ютерні віруси тощо створюють загрози для процесу функціонування багатьох важливих для життєдіяльності людини реальних систем. У теорії складних мереж (ТСМ) основна увага дослідників зосереджена на вивченні цілеспрямованих атак на структуру системи [1]. Проблемі уразливості процесу функціонування складних мережеских систем (МС) приділяється значно менша увага. Безумовно, ураження структури негативно впливає на процес функціонування системи, однак збої в її роботі можуть виникати і за неуразженої структури [2]. Ще однією особливістю сучасних досліджень стійкості МС до різномірних негативних впливів є розроблення сценаріїв послідовного ураження найважливіших зі структурного погляду вузлів мережі, хоча одночасна атака на групу таких вузлів або загальносистемна атака, яка у тій або іншій мірі вражає усі елементи МС, є значно небезпечнішою. Так, в Україні кількість державних банків у банківській системі країни на початку 2022 року не перевищувала 0.7%. Водночас, частка їх активів у цій системі дорівнювала 55.2%, а частка депозитів фізичних осіб – 61.6% [3]. Успішна атака саме на цю, невелику за кількістю, групу банків призвела б до найбільших втрат у фінансовій системі держави. Послідовні групові атаки на об'єкти енергетичної інфраструктури України

протягом 2022-2024 рр. можуть призвести до її загальносистемного ураження. Це означає, що для критичної дестабілізації або припинення роботи реальної МС у багатьох випадках достатньо одночасно уразити структуру та/або процес функціонування певної групи вузлів. Дійсно, послідовні атаки на окремі, навіть найважливіші за певними ознаками вузли мережевої системи, як це пропонується у розроблених натеper сценаріях цілеспрямованих атак, часто дають змогу перерозподілити їх функції між іншими, неураженими вузлами. Однак, протидіяти одночасній атаці на групу найважливіших елементів МС чи систему загалом, а головне подолати наслідки такої атаки, незрівнянно складніше. Поряд із цілеспрямованими атаками, на систему можуть негативно впливати й інші чинники природного або штучного характеру (поширення інфекційних захворювань, затори у великих містах, потужні землетруси тощо), які за багатьма ознаками можуть бути схожими до таких атак (поширення комп'ютерних вірусів, DDoS-атаки, руйнування населених пунктів унаслідок бомбових ударів і т. ін.). Такі впливи хоча й не мають ні явного «зловмисника», ні наперед визначеної цілі, можуть бути достатньо масштабними і втрати, які заподіюють системі подібні «нецільові» ураження, часто перевищують наслідки групових цілеспрямованих атак [4].

Першим кроком під час розроблення стратегій захисту складних МС зазвичай є створення так званих сценаріїв цілеспрямованих атак різних типів (послідовних поелементних, групових, загальносистемних тощо). Корисність таких сценаріїв полягає у тому, що вони, формуючи картину найбільш ймовірного розвитку атаки, дають змогу визначати складові системи, які потребують першочергового захисту. Такі складові можна ідентифікувати, базуючись на структурній та/або потоковій моделі МС [5]. Недоліком структурного підходу є велика кількість показників важливості вузлів мережі, значення яких нерідко суперечать одне одному. Обчислення деяких із таких показників, наприклад, центральностей за посередництвом або власним значенням для реальних складних мереж, які можуть налічувати мільярди елементів (галактики, населення Землі, нейрони людського мозку), також є

достатньо складною проблемою. Функціональний підхід, який базується на аналізі обсягів потоків, що генеруються, транзитуються та приймаються вузлами МС [5], дає змогу формувати значно ближчі до реальності показники важливості елементів мережевої системи і будувати ефективніші сценарії цілеспрямованих атак.

Кожна реальна система є відкритою, тобто вона взаємодіє з іншими системами. Процеси міжсистемних взаємодій описуються багат шаровими мережевими системами (БШМС), а їх структура – багат шаровими мережами різних типів [6]. Успішна цілеспрямована атака на одну із МС, яка приймає участь у таких взаємодіях, або її нецільове ураження тим або іншим чином негативно впливає на функціонування усіх пов'язаних із нею шарів-систем БШМС, як це сталося під час поширення пандемії Covid-19, унаслідок якої дестабілізувались практично усі сфери людської життєдіяльності. Водночас, існують загальносистемні атаки на окремі або усі шари БШМС, до яких можна віднести гібридні війни або комплексні санкції, які застосовуються до країн, що несуть загрозу світовій безпеці.

Розроблення стратегій захисту багат шарових мережових систем суттєво ускладнюється не лише завдяки збільшенню розмірності задачі, але й тому, що ураження певного шару-системи такого утворення може відбуватися не безпосередньо, наприклад, шляхом цілеспрямованої атаки на нього, а опосередковано унаслідок атаки на суміжний шар БШМС. При цьому ураження різних суміжних шарів-систем може призводити до різних наслідків (вплив блокування морського та авіаційного шарів загальної транспортної системи України під час російської агресії на залізничний та автомобільний шари є суттєво різним). Одночасно зростає кількість локальних та глобальних характеристик елементів БШМС, які описують структурні та функціональні особливості не лише внутрішньо, але й міжсистемних взаємодій, а отже, збільшується число показників важливості елементів, які використовуються під час побудови сценаріїв цілеспрямованих атак на багат шарову систему.

Для зменшення розмірності моделей багат шарових мережових систем і спрощення аналізу їх вразливості від різнорідних негативних впливів ми вводимо поняття структурної та потокової агрегат-мереж БШМС, визначаємо основні локальні та глобальні структурні та потокові характеристики елементів багат шарових систем та їх агрегат-мереж і встановлюємо взаємозв'язок між ними. Ці ж характеристики обираємо у якості показників важливості вузлів багат шарової системи з допомогою яких будуємо ефективні структурні та функціональні сценарії послідовних поелементних, групових та загальносистемних цілеспрямованих атак на БШМС. На підставі структурної та потокової моделей багат шарової системи визначаємо області безпосередньо уражених та опосередковано постраждалих унаслідок дії негативного впливу її елементів і встановлюємо переваги потокового підходу для дослідження уразливості процесу міжсистемних взаємодій та кількісної оцінки рівня втрат, заподіяних БШМС унаслідок цілеспрямованої атаки або нецільового ураження.

#### Список використаних джерел

1. Mariyam J., Lekha D.S. Need for a realistic measure of attack severity in centrality based node attack strategies. *Complex Networks and Applications XI*. R.M. Benito et al. (eds.). New York: Springer, 2022. P. 857–866.
2. Polishchuk O. «Vulnerability of complex network structures and systems». *Cybernetics and Systems Analysis*. 2020. 56(4). P. 312–321.
3. Основні показники діяльності банків. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/banks/stat/>
4. Sawada Y., Bhattacharyay M., Kotera T. Aggregate impacts of natural and man-made disasters: A quantitative comparison. *International Journal of Development and Conflict*. 2019. 9(1). P. 43–73.
5. Поліщук О., Яджак М. Моделі та методи комплексного дослідження складних мережових систем та міжсистемних взаємодій. Львів: ІППММ ім. Я. С. Підстригача, 2023.
6. Bianconi G. *Multilayer Networks: Structure and Function*. Oxford: Oxford University Press. 2018.

## DIDACTIC ASPECTS OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HUMANITIES EDUCATION FOR STUDENTS AND SCHOOLCHILDREN

**Raspopov V.B.<sup>1</sup>, [Viktor.Raspopov@gmail.com](mailto:Viktor.Raspopov@gmail.com)**

<sup>1</sup> *V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine*

**Semyanovsky V.M.<sup>2</sup>, [Vadim.Semyanovsky@gmail.com](mailto:Vadim.Semyanovsky@gmail.com)**

<sup>2</sup> *Open International University of Human Development "Ukraine" (Kyiv)*

**Introduction.** In one of his video interviews, academician V.M. Glushkov was asked: "*Viktor Mikhailovich, would you personally want to attain immortality through a computer?*" To which he enthusiastically replied, "Yes, of course, yes!" [1]. Modern achievements in the field of artificial intelligence (AI) already make it possible to realize the fantastic dream of the founders of Ukrainian cybernetics, including academician Viktor Mikhailovich Glushkov. Today, cutting-edge AI technologies allow us to recreate a linguistic model of the world that reflects the thought processes of this outstanding scientist. It seems the time has come to integrate Glushkov's ideas, scientific heritage, and concepts into modern intellectual computer systems. A digital representation of the scientist, also enriched with contemporary knowledge from the Internet, could provide future generations with forecasts and wise advice in a manner reminiscent of V.M. Glushkov. Indeed, this presents an exciting scientific and practical challenge for the creative and academically gifted young programmers of Ukraine's Minor Academy of Sciences.

Should the experiment meet expectations, such "reincarnations" could be replicated to fulfill the needs of museums, memorial foundations, and research institutes, which carefully preserve the literary and documentary legacies of outstanding historical figures — writers, politicians, philosophers, and scientists.

Of course, such an endeavor would only be possible in cases where prominent individuals of the past have left behind a rich creative legacy in textual form or have been documented in audio recordings that can reliably be converted into text using modern methods of automatic speech recognition.

**Main Section.** We are conducting experimental research into the prospects of AI's impact on pedagogy, philosophy, literature, journalism, politics, and professional self-

development. Particular attention is paid to the role of AI as a tutor and mentor in school and university education [2].

We view AI as an active tool for lifelong self-learning for adults. The above statement is illustrated with the following examples:

**Example 1.** “The Refugees”, a story co-written by the author in collaboration with AI, is written in the style of the early 20th-century writer Mikhail Bulgakov [3].

The story narrates the challenging lives of Marko and Iryna, Ukrainian refugees who found temporary shelter in Paris during the ongoing war. The protagonists faced the challenges of life abroad but displayed qualities characteristic of Ukrainians: an active life stance, initiative, and creativity. Refusing to rely solely on social benefits, they created their own business, serving as a testament to their entrepreneurship and independence. Their venture not only provided a source of income but also helped bridge Ukrainian and French cultures.

Despite their outward success, they were haunted by a deep longing for their home in Kyiv. In their hearts, an undying love for their homeland grew stronger, ultimately pulling them back to Ukraine. Their return to Kyiv symbolized not only physical relocation but also spiritual renewal, reconnection with their roots, and a hope for a peaceful future.

The story concludes on an optimistic note with the saying: ***"East or West, home is best!"*** This emphasizes the life-affirming nature of the narrative and highlights how resilience and a constructive spirit can lead one back home, even in the most challenging circumstances.

It is worth noting that a distinctive feature of AI's creative writing is its tendency to generate texts with a positive tone and uplifting conclusions, which makes this story particularly close in spirit to the humanistic ideals of Mikhail Bulgakov.

AI enabled us to automatically evaluate the stylistic similarity of the story with Bulgakov's writing style. The story “The Refugees” achieves 85% stylistic similarity with the author’s manner (including: Vivid imagery and rich metaphors; A blend of dramatic and ironic tones characteristic of Bulgakov; The use of complex syntactical constructions and emotionally charged dialogues.) However, the remaining 15% of

divergence is attributed to the absence of philosophical undertones, mystical atmosphere, and deep satire typical of Bulgakov's works. Additionally, AI performed an automatic plagiarism check. It was confirmed that *"The Refugees"* is an original work created with AI and contains no borrowed complete phrases, sentences, or paragraphs from Mikhail Bulgakov's works. AI-generated texts are created based on the principles of generating new content through training on writing styles and techniques rather than copying. In this case, Bulgakov's style was recreated using language models, and plagiarism is absent.

**Example 2.** This report also discusses the use of AI to analyze the philosophical problem of values (both for humans and AI), particularly in relation to the concept of *"Time vs. Money"* [4].

**Example 3.** Let us highlight another valuable application of AI for humanities professionals: using AI as a text translator (more precisely, an intellectual text interpreter) into various world languages, as well as employing AI as a secretary with the highest level of professional expertise [5].

**Conclusion.** Thanks to modern advancements in AI, the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine could become the first research institution in the country to employ an electronic linguistic model of its founder, academician V.M. Glushkov, as a consultant. This would be a significant step toward preserving and continuing his scientific legacy and developing new directions in cybernetics and informatics inspired by his work.

### References

1. Khoteli by Vy obresti bessmertie s pomoshch'yu komp'yutera? Dokumental'noe video ob akademike V.M. Glushkove. URL: <https://youtu.be/96kzeFK322A>
2. Raspopov V.B., Semianovskiy V.M. Dydaktychni aspekty vykorystannia shtuchnoho intelektu "ChatGPT-4" v humanitarnii osviti studentiv. V zb. "IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho, do 106-yi richnytsi vid zasnuvannia universytetu" (16-17 zhovtnia 2024, Kyiv, Ukraine). Lviv–Torun: Liha-Pres. 2024. URL: <https://liha-pres.eu/en/homepage/>
3. Raspopov. V. Mysticheskaia reinkarnatsiia Mikhaila Bulgakova. Rasskaz "Bezhtsyt": Besedy s AI "ChatGPT". Calameo, 2024. 126 p. URL: <https://www.calameo.com/read/003168372278bf7a63644>
4. Raspopov V., Semianovskiy V. Iskusstvennyi intellekt i filosofskaia problema tsennosti. Vremia – dengi: Besedy s AI "ChatGPT 4o-mini". Calameo, 2024. 46 p. URL: <https://www.calameo.com/read/0031683729388984a43f5>
5. Dvadsiat' dev'iata vseukrains'ka naukova konferentsiia molodykh istorykiv nauky, tekhniky i osvity ta spetsialistiv za temoiu: «Nauka dlia vidbudovy Ukrainy» (19 kvitnia 2024 r., Kyiv, Ukraina). 2024. 253 p. URL: <https://www.calameo.com/read/00316837207b675fc6445>

## АСИМПТОТИЧНЕ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИМИ СИСТЕМАМИ З ПІСЛЯДІЄЮ

Рашевський М.О., [rashevskiy@g-suit.kk.nau.edu.ua](mailto:rashevskiy@g-suit.kk.nau.edu.ua), Новік Т.М.

*Криворізький фаховий коледж Державного некомерційного підприємства*

*«Державний університет «Київський авіаційний інститут»*

Дослідження систем керування, що описуються системами диференціально-різницевих рівнянь [1] вигляду

$$\varepsilon \frac{dx(t, \varepsilon)}{dt} = A(t, \varepsilon)x(t, \varepsilon) + B(t, \varepsilon)x(t - \Delta, \varepsilon) + C(t, \varepsilon)u(t), \quad (1)$$

де  $x(t, \varepsilon)$  – шуканий  $n$ -вимірний вектор,  $A(t, \varepsilon)$  та  $B(t, \varepsilon)$  –  $n \times n$ -матриці,  $C(t, \varepsilon)$  –  $(n \times m)$ -матриця, що зображується збіжними рядами за степенями дійсного малого параметра  $\varepsilon > 0$ :

$$A(t, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k A_k(t); B(t, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k B_k(t), C(t, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k C_k(t),$$

$\Delta > 0$  – стале відхилення аргументу,  $u(t)$  –  $m$ -вимірний вектор керування,  $t \in [0; T]$ .  $T < +\infty$ . Для системи (1) ставиться задача побудувати на півінтервалі  $0 < \tau = \varepsilon t \leq T$  її розв'язок, який би при  $-\Delta \leq \tau \leq 0$  задовольняв умову

$$x(t, \varepsilon) = \varphi(t, \varepsilon); \varphi(t, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k \varphi_k(t).$$

В описаній постановці маємо основну початкову задачу. Постановка задачі побудови оптимального розв'язку системи (1) та відшукування такого вектора керування, який би задовольняв певному критерію якості у цій роботі не розглядатиметься, це складатиме предмет окремого дослідження. В доповіді досліджується питання побудови асимптотичного зображення розв'язку основної початкової задачі для різних випадків нестабільності у спектрі головної матриці системи.

Оскільки коефіцієнти системи є змінними величинами, то такі системи у загальному випадку не зводяться до квадратур, отже потребують застосування чисельних або асимптотичних методів.

Застосовуючи асимптотичний метод В. Вазова для інтегрування лінійних



систем із точками повороту [2; 3], досліджуються два випадки нестабільності у спектрі головної матриці  $A(t, 0)$  системи (1):

- 1) Корені характеристичного рівняння  $A(t, 0) - \lambda E = 0$  є простими для  $t \in (0; T]$ , і збігаються в точці  $t = 0$ , причому є суто уявними, а саме:

$$\lambda_k(t) = it^q w_k(t); w_k(0) \neq 0, q \geq 1, k = 1, 2, \dots, n.$$

- 2) Корені характеристичного рівняння є такими, що в окремих (ізолюваних) точках виконуються рівності

$$\lambda_k(t) = \lambda_p(t - l\Delta), k, p = 1, 2, \dots, n, l \geq 1.$$

У першому випадку підстановкою  $x(t, \varepsilon) = U(t, \varepsilon)z(t, \varepsilon)$  система (1) з точністю до  $O\left(\varepsilon^{\frac{mq}{q+1}}\right)$  зводиться до системи, що не містить доданків без відхилення аргументу. У другому випадку з такою ж точністю будується асимптотичне зображення розв'язку записаної вище початкової задачі. Для обох випадків записуються рекурентні формули [3] для побудови невідомих коефіцієнтів.

#### Список використаних джерел

1. Boykov I. V., Krivulin N. P. Methods for Control of Dynamical Systems with Delayed Feedback. *Journal of Mathematical Sciences*. 2021. 255(5). P. 561–573. DOI: [10.1007/s10958-021-05393-4](https://doi.org/10.1007/s10958-021-05393-4)
2. Rashevs'kyi M.O., Samusenko P.F., Tomashchuk O.P. Asymptotic Solutions of Singularly Perturbed Differential Algebraic Equations with Turning Points. *Journal of Mathematical Sciences*. 2023. 273. P. 271–289. DOI: [10.1007/s10958-023-06498-8](https://doi.org/10.1007/s10958-023-06498-8)
3. Самусенко П., Даниліна Г., Рашевський М. Про асимптотичне інтегрування лінійних систем диференціальних рівнянь з відхиленням аргументу. *Збірник Наукових Праць Фізико-Математичного Факультету ДДПУ*. 2024. 14. P. 15–23. DOI: [10.31865/2413-26672415-3079142024311278](https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079142024311278)

## ВПЛИВ ХМАРНИХ СХОВИЩ НА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Рибачок Д.О., [dorybachok@gmail.com](mailto:dorybachok@gmail.com)

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

У цій роботі досліджується вплив всеприсутніх хмарних сховищ на розподілені обчислення. Запропонована модель включає вузли, які обмінюються даними як через мережеві зв'язки, так і через зв'язки з хмарними сервісами, такими як Dropbox або Google Drive. Вивчаються основні операції читання та запису в хмару, а також більш складні обчислювальні задачі, включаючи множення матриць та федеративне навчання. Основною метою є дослідження можливості використання хмарного сховища для прискорення розподілених обчислень, розробка алгоритмів для ефективного обміну даними та комбінування значень у розподілених системах.

Розглянута модель «Обчислення з Хмарою» базується на синхронній мережі, описаній зваженим орієнтованим графом, де вузли поділяються на обчислювальні вузли та пасивні вузли-хмарні сховища. Пасивні вузли підтримують лише операції запису та читання даних. Модель реалізується за допомогою двох наборів зв'язків: локальні зв'язки між обчислювальними вузлами та зв'язки між вузлами та хмарою. Результати дослідження показують, що комбіноване використання локальних зв'язків та зв'язків з хмарою може значно прискорити обчислення у порівнянні з комунікацією, яка здійснюється лише через хмару або лише через локальні зв'язки.

Для проведення основних операцій з хмарою, як-от запис чи читання великих файлів, використано техніки потоків. У випадку моделі з «товстими» зв'язками між обчислювальними вузлами, були розроблені алгоритми, близькі до оптимальних, для комбінованих операцій, таких як додавання векторів чи множення матриць.

Для оцінки ефективності запропонованої моделі було представлено алгоритми для комбінування значень, що зберігаються у вузлах, із застосуванням обчислювальних операцій, таких як додавання векторів або множення матриць. Використано техніку динамічного потоку для передачі великих файлів між

обчислювальними вузлами та вузлами-хмарними сховищами. Зокрема, у топології «колесо», де обчислювальні вузли розташовані в кільці і всі пов'язані з одним хмарним вузлом, представлено точні результати для множення матриць.

Важливим аспектом дослідження є застосування спеціальних топологій для побудови ефективних обчислювальних алгоритмів. У випадку топології «колесо» з  $n$  обчислювальними вузлами, з'єднаними в кільце, результати показують, що використання як хмарних зв'язків, так і локальних зв'язків дозволяє зменшити час виконання задачі у порівнянні з використанням лише одних із них. Алгоритми, розроблені для моделі з «товстими» зв'язками, забезпечують наближення до оптимальних значень для комутативних операцій комбінування (наприклад, додавання векторів).

Результати також показують, що часові витрати на обчислення у моделі CWC залежать від топології мережі та ширини смуги пропускання між вузлами. Наприклад, у випадку множення матриць, де необхідно дотримуватися порядку операндів, модель «колесо» дозволяє досягти близьких до оптимальних значень у простій топології кільця.

У роботі запропоновано новий підхід до використання хмарних сховищ у розподілених обчисленнях. Замість класичного підходу до обчислення в хмарі, де всі операції виконуються в рамках хмарного сервісу, модель «Обчислення з Хмарою» пропонує використання хмари як пасивного сховища даних, до якого мають доступ усі обчислювальні вузли. Представлені результати показують, що використання хмари як спільного сховища дозволяє суттєво прискорити виконання розподілених задач, особливо у випадку великих даних та широких каналів зв'язку між вузлами.

Запропоновані алгоритми для комбінації значень, зокрема для федеративного навчання та дедуплікації файлів, показують, що використання хмари може значно зменшити час обробки та обсяг даних, що передаються між вузлами. Застосування динамічних потоків для реалізації базових операцій читання та запису забезпечує оптимальні або близькі до оптимальних часові витрати на передачу даних.

Майбутні дослідження можуть бути спрямовані на розробку ще більш ефективних алгоритмів для некомутативних операцій комбінування, а також на розширення запропонованої моделі на різноманітні топології мереж, включаючи гібридні моделі, де обчислювальні вузли мають кілька типів зв'язків, включаючи як локальні, так і глобальні зв'язки з хмарою.

#### **Список використаних джерел**

1. Culler D. E., Karp R. M., Patterson D. A., Sahay A., Schauser K. E., Santos E., Subramonian R., von Eicken, T. LogP: Towards a Realistic Model of Parallel Computation. *ACM SIGPLAN Notices*. 1993. 28(7). P. 1-12.
2. Aguilera M. K., Delporte-Gallet C., Fauconnier H., Toueg, S. On Implementing Omega in Systems with Byzantine Failures. *Proceedings of the Twenty-Third Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC)*. 2004. P. 306-315.
3. Gibbons P. B., Matias, Y. New Sampling-Based Summary Statistics for Improving Approximate Query Answers. *Proceedings of the 1998 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 1998. P. 331-342.
4. Shapiro C., Varian, H. R. Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy. *Harvard Business School Press*. 1999.
5. Dean J., Ghemawat S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. *Proceedings of the 6th Conference on Symposium on Operating Systems Design & Implementation (OSDI)*. 2004. P. 137-150.

## КІБЕРНЕТИЧНИЙ ПІДХІД У КОНТЕКСТІ МЕТОДОЛОГІЇ СУЧАСНОЇ НАУКИ

Рубанець О., [rubanets@gmail.com](mailto:rubanets@gmail.com)

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського"*

Розвиток кібернетики в дослідженні систем сприяє активізації різноманітних міждисциплінарних напрямків. Дослідження мультиагентних та цілеспрямованих систем сприяло та сприяє розвитку штучного інтелекту. Дослідження експертних систем і розробка онтології (Дж. Серл) сприяло розвитку когнітивних підходів до дослідження систем, формуванню поняття когнітивної системи, яка наділена когнітивними функціями та взаємодіє з когнітивним шаром свідомості людей.

Поява систем, які включають штучні та природні агенти з різним рівнем суб'єктності, сприяло розвитку мережевих підходів у дослідженні пізнавальних процесів і зрештою формуванню мережевої концепції пізнання. Сучасна мережева концепція суспільства, яка надає перевагу мережевому суспільству перед суспільством ієрархічним і поширена в суспільних і політичних дослідженнях, актуалізує питання нових підходів до розгляду управління.

Концепція відкритого суспільства як на рівні концепції держави (К. Поппер), так і на рівні загальнонаукового тлумачення відкритості як обміну системи енергією та інформацією із зовнішнім середовищем зумовлює необхідність дослідження у рамках відкритих глобальних систем, а також питань регуляції рівня відкритості будь-якої системи із зовнішнім оточенням.

Кібернетичний підхід як один із провідних методологічних підходів сучасної загальнонаукової методології актуалізує увагу на зворотному зв'язку та процесах управління в контексті дослідження феноменів відкритості, мережовості, нелінійності та складності. Відкритість створює нові виклики для збереження ефективного зворотного зв'язку та замкнутого контуру управління. Мережевість вносить необхідність встановлення ролі взаємодії та можливості різного рівня суб'єктності учасників процесів. Нелінійність виявляє значення

врахування часового горизонту можливостей передбачення. Врахування виклику складності зумовлює необхідність виявлення та встановлення різної онтологічної природи складності в системах різного типу. Залучення відкритості, мережовості, нелінійності та складності істотно збагачує сучасні дослідження, їх методологічний потенціал і сприяє розвитку кібернетичного підходу в сучасних умовах.

Відкрита наука актуалізує питання інформаційного обміну та розвитку комунікацій. Зростає значення міждисциплінарних підходів і напрямків у сучасному розвитку науки. Розгляд кібернетичного підходу в контексті сучасної загальнонаукової методології зумовлює необхідність введення концептуальних новацій у міждисциплінарний контекст застосування кібернетичного підходу.

Виявлення значення відкритості, мережовості, нелінійності та складності в сучасних міждисциплінарних контекстах застосування кібернетичного підходу сприяє розвитку феномену відкритості науки на рівні сфери знання сучасної світової науки, яка складається з міждисциплінарних проблемних областей. Це дає змогу розглянути феномен відкритості в онтологічному вимірі та виявити його методологічний потенціал в контексті сучасних концептуальних новацій.

## ПРО ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

Савчук А.В., [a.savchuk@knu.ua](mailto:a.savchuk@knu.ua), Крак Ю.В.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

В доповіді розглядаються проблеми ефективного розподілу ресурсів, що є ключовим фактором для розвитку економічних систем, особливо в умовах нестачі робочої сили та фінансових ресурсів. Сучасні економічні моделі часто покладаються на посередників, що призводить до додаткових витрат і затримок, які знижують загальну ефективність системи. Такі підходи особливо неефективні в умовах, коли чисельність населення зменшується, а економіка потребує швидкого відновлення після кризових подій та модернізації для адаптації до глобальних змін.

Штучний інтелект відкриває нові можливості для оптимізації процесів розподілу ресурсів [1]. Використання багатоагентних систем дозволяє створити моделі, які здатні автоматично координувати взаємодію між виробниками, споживачами та логістичними операторами [2]. Це сприяє мінімізації витрат, скороченню часу виконання операцій та забезпеченню прозорості в економічній діяльності. Особливу увагу приділяють алгоритмам оптимізації, які допомагають визначати найкращі маршрути доставки, оптимізувати складські процеси та зменшувати транзакційні витрати [3]. Це забезпечує прямий зв'язок між виробниками та споживачами, усуваючи потребу в посередниках. Такий підхід є критично важливим для економічних систем, що прагнуть підвищити свою стійкість та ефективність в умовах обмежених ресурсів.

Таким чином, розробка інноваційних моделей і методів розподілу ресурсів на основі штучного інтелекту є актуальним науковим завданням, що має значний потенціал для відновлення економіки України та підвищення її конкурентоспроможності.

Відзначимо, що сучасні економічні системи стикаються з такими викликами: - нестача робочої сили, що обмежує можливості масштабування виробництва; - високі транзакційні витрати через участь посередників; -

затримки в постачанні ресурсів, які негативно впливають на виробничі процеси;  
 - потреба в прозорості та оптимізації процесів розподілу ресурсів.

Метою дослідження є розроблення моделей та методів штучного інтелекту для ефективного розподілу ресурсів, які дадуть можливість: - оптимізувати логістичні маршрути для зменшення часу та витрат на транспортування; - мінімізувати витрати на транспортування та зберігання шляхом ефективного планування; - забезпечити своєчасне постачання ресурсів до споживачів без зайвих затримок; - усунути залежність від посередників, створюючи прямий зв'язок між виробниками та споживачами.

Для вирішення проблем дослідження пропонується удосконалити і використовувати:

**А. Багатоагентні системи.** Створення моделей, де автономні агенти (виробники, споживачі, логістичні оператори) взаємодіють для досягнення спільної мети — ефективного розподілу ресурсів. Такі системи дозволяють моделювати складну динаміку економічних процесів та знаходити оптимальні рішення в реальному часі.

**Б. Машинне навчання та нейронні мережі.** Застосування методів машинного навчання для аналізу великих обсягів даних, що дозволяє прогнозувати найкращі маршрути, оптимізувати розподіл вантажів та передбачати можливі затримки.

**В. Алгоритми оптимізації.** Використання сучасних алгоритмів, таких як генетичні алгоритми, алгоритми рою часток та методи градієнтного спуску для вирішення задач оптимізації логістичних маршрутів та планування ресурсів.

Очікувані результати з проведених досліджень призведуть до: - зменшення витрат на транспортування та зберігання за рахунок оптимізації логістичних процесів; - підвищення швидкості постачання ресурсів до споживачів, що сприятиме покращенню задоволеності клієнтів та підвищенню конкурентоспроможності підприємств; - зниження залежності від посередників, що дозволить підприємствам безпосередньо взаємодіяти зі споживачами, зменшуючи транзакційні витрати; - підвищення прозорості процесів, що



сприятиме зміцненню довіри між учасниками ринку та покращенню репутації компаній.

Отже, використання штучного інтелекту в процесах розподілу ресурсів є перспективним напрямом, який дозволяє вирішувати актуальні проблеми сучасних економічних систем. Розроблені моделі та методи сприятимуть підвищенню ефективності використання ресурсів, зниженню витрат та покращенню якості обслуговування споживачів. Це особливо важливо для України, яка прагне швидкого економічного відновлення та розвитку.

#### **Список використаних джерел**

1. Rosenberger J., Urlaub M., Rauterberg F., Lutz T., Selig A., Bühren M., Schramm D. Deep Reinforcement Learning Multi-Agent System for Resource Allocation in Industrial Internet of Things. *Sensors*. 2022. 22(11). P. 4099. DOI: [10.3390/s22114099](https://doi.org/10.3390/s22114099)
2. Binyamin S.S., Ben Slama S. Multi-Agent Systems for Resource Allocation and Scheduling in a Smart Grid. *Sensors*. 2022. 22(21). P. 8099. DOI: [10.3390/s22218099](https://doi.org/10.3390/s22218099)
3. Ibrahim A.M., Yau K.-L.A., Chong Y.-W., Wu C. Applications of Multi-Agent Deep Reinforcement Learning: Models and Algorithms. *Applied Sciences*. 2021. 11(22). P. 10870. DOI: [10.3390/app112210870](https://doi.org/10.3390/app112210870)

## APPLICATION EXAMPLES AND PERSPECTIVES OF FINE-TUNING LARGE LANGUAGE MODELS

Sierov I.S.,

[vanoseroov@gmail.com](mailto:vanoseroov@gmail.com)

*Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

Fine-tuning of large language models (LLMs) is one of the leading trends in modern machine learning. This approach allows to adapt generic models to specific domains or specific tasks, which significantly improves the accuracy of the results. Moreover, fine-tuning is a cost-effective method as it reduces the need for expensive computing power required to train models from scratch. Due to these advantages, fine-tuning is actively used in both profit and non-profit projects, from business process automation to solving socially important problems.

Nowadays, different companies and organizations use this approach to solve their specific problems or base their commercial solutions on it. The goal of this study is to highlight the areas of use and challenges that scientists are facing in this area.

Fine-tuning large language models (LLMs) is an important tool for adapting artificial intelligence to specific tasks. This approach can significantly improve efficiency in commercial and non-commercial activities by optimizing processes and reducing costs.

In the banking sector, giants such as Citibank use LLM to automate the response to customer queries via chatbots. This reduces waiting time for users and reduces staff costs. In call centers, models help to categorize requests and direct them to the appropriate specialists [1].

Amazon has a separate solution for businesses to increase user engagement options. SageMaker is easy to implement for businesses and is also based on a no-code implementation, making it more accessible to a wider range of users [2].

eBay uses fine-tuning for the language model to improve the results of personalized recommendations, which increases customer satisfaction and sales. This fine-tuning is done through retraining on the service's own database [3].

In the advertising sector, Google Ads uses LLM capabilities customized with fine-tuning to automate content moderation. The models classify similar ads into groups and analyze only selected examples, which significantly reduces time and costs. Fine-tuning allows you to adapt models to detect specific violations, for example, in the Non-Family Safe policy. This approach increases the accuracy and efficiency of moderation and will be applied to other types of ads in the future [4].

In financial institutions, models automate risk analysis and financial reporting. They also help investors analyze market trends. And some options tell you exactly when to buy a stock and when not to [5].

The use of LLMs in educational processes includes automatic evaluation of students' open-ended responses, creation of personalized learning plans, and generation of materials. Universities are using these models to support online courses and evaluate a large number of papers [6].

LLMs allow scientists to automate the analysis of experimental data, create hypotheses, and more. For example, research shows that domain-specific LLMs can synthesize knowledge from large volumes of scientific literature and even help develop experimental designs. Integration of structured knowledge through Knowledge Graphs can minimize errors and increase accuracy in hypothesis generation, making these models more reliable for practical use in science. This reduces the time spent on routine tasks and allows you to focus on the creative part of research [7].

Modern large-scale language models (LLMs) are widely used in social initiatives due to their ability to analyze large amounts of text data and create meaningful answers. Accordingly, fine-tuning is used to improve such answers.

One example is the analysis of social phenomena during the pandemic. The models revealed a correlation between the spread of negative sentiment (Sinophobia) and key events of the pandemic. Fine-tuning of the models allowed us to achieve higher accuracy in recognizing complex emotional shades, providing a deeper understanding of public sentiment in the dynamics. This is important for developing strategies to respond to social challenges when it is necessary to take into account local and global public sentiment [8].

Another important area is the fight against disinformation. Fine-tuned LLMs are able to identify fake news by using methods of integrating external knowledge, such as knowledge graphs, to verify facts. This allows the models to detect false information in real time and suggest reliable sources. Such tools have already been successfully used to monitor social media and news platforms, helping to reduce the damage caused by disinformation [9].

Fine-tuned models analyze huge amounts of data from social media and quickly categorize information, which allows for better coordination of emergency response services. For example, during earthquakes or floods, such systems can provide personalized recommendations to victims and help services prioritize actions [10].

In the ecology sector, models analyze climate change data and help create environmental policies. For example, fine-tuned models adapted to the specifics of the energy sector have significant potential for environmental research. They can be used to create intelligent control systems that increase the efficiency of resource consumption and to analyze complex data on greenhouse gas emissions. However, setting up such models faces challenges, such as the need for large computing resources, ensuring data confidentiality, and problems of consistency of results [11].

**Conclusion.** Fine-tuning of large language models is widely used in various fields: from business process automation and financial analysis to fighting disinformation, supporting educational processes, and solving environmental problems. Due to its cost-effectiveness, fine-tuning helps to reduce costs and accelerate the implementation of innovative solutions. Despite the challenges, the prospects for fine-tuning large language models (LLMs) are extremely encouraging. It is predicted that in the coming years, LLMs can have a significant impact on the development of new technologies, in particular through integration with multimodal systems and improving their ability to adapt to small data. At the same time, given the global trends in technology and computing resources, the next stages of LLM development are likely to involve new approaches to fine-tuning them, in particular through the use of more accessible and efficient training methods that will reduce the cost of computing resources.

## References

1. Citigroup. Citi for cities - About education.  
URL: [https://www.citigroup.com/china/csts/EducationProgram/AboutEducation\\_CFC.html](https://www.citigroup.com/china/csts/EducationProgram/AboutEducation_CFC.html)
2. Amazon Web Services. Transform customer engagement with no-code LLM fine-tuning using Amazon SageMaker Canvas and SageMaker JumpStart.  
URL: <https://aws.amazon.com/blogs/machine-learning/transform-customer-engagement-with-no-code-llm-fine-tuning-using-amazon-sagemaker-canvas-and-sagemaker-jumpstart/>
3. eBay. How eBay's new search feature was inspired by window shopping.  
URL: <https://innovation.ebayinc.com/tech/engineering/how-ebays-new-search-feature-was-inspired-by-window-shopping/>
4. Yu Z., He J. Scaling Up LLM Reviews for Google Ads Content Moderation, 2024.  
URL: <https://arxiv.org/abs/2402.14590>
5. Li X. Wang L. Generating long-horizon stock "buy" signals with a neural language model,  
URL: <https://arxiv.org/abs/2410.18988>
6. Chen Y., Chen H., Su S. Fine-Tuning Large Language Models in Education. *2023 13th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*. 2023. P. 1–10. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10505547>
7. Zhang T., Liu Y. Improving Scientific Hypothesis Generation with Knowledge Grounded Large Language Models. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2411.02382>
8. Brown S., Green R. A longitudinal sentiment analysis of Sinophobia during COVID-19 using large language models. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2408.16942>.
9. Ahmed R., Xu D. Combating Misinformation in the Age of LLMs: Opportunities and Challenges, 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2311.05656>.
10. Patel N., Joshi A. LLM-Assisted Crisis Management: Building Advanced LLM Platforms for Effective Emergency Response and Public Collaboration. 2024.  
URL: <https://arxiv.org/abs/2402.10908>
11. Chen M, Zhao P. Opportunities and Challenges of Applying Large Language Models in Building Energy Efficiency and Decarbonization Studies: An Exploratory Overview. 2023.  
URL: <https://arxiv.org/abs/2312.11701>

## ПРО МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ АНАЛІТИЧНИХ ПРОЄКТІВ У МАШИННОМУ НАВЧАННІ

Симонов Д.І., [denys.symonov@gmail.com](mailto:denys.symonov@gmail.com)

*Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ*

### **Вступ.**

Сучасний розвиток машинного навчання призводить до зростання складності аналітичних проєктів, що вимагає наявності ефективних методів організації та управління. Зі збільшенням обсягів даних і складністю моделей постає необхідність впровадження нових підходів до планування, координації та контролю процесів. Виклики, пов'язані з інтеграцією міждисциплінарних команд, управлінням ресурсами та забезпеченням якості результатів, стають все більш актуальними. У цій доповіді розглядаються сучасні методи організації складних аналітичних проєктів у машинному навчанні, включаючи використання Agile-методологій, DevOps-практик та інших інноваційних інструментів. Метою є визначення найефективніших стратегій для підвищення продуктивності та успішного впровадження проєктів машинного навчання.

### **Актуальність дослідження.**

У зв'язку з швидким поширенням машинного навчання в різних сферах виникає нагальна потреба в ефективних методах організації аналітичних проєктів. Дослідження нових підходів до управління такими проєктами є важливим кроком для успішного впровадження інновацій та підвищення конкурентоспроможності.

### **Огляд літератури.**

У сучасному машинному навчанні існує кілька методів та підходів до організації складних аналітичних проєктів, кожен з яких має свої переваги та недоліки [1]. Розглянемо основні з них:

CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) є одним із найпоширеніших підходів, пропонуючи структурований процес від бізнес-розуміння до розгортання моделі. Його універсальність та чітка структура

сприяють систематичному підходу, але для динамічних проєктів він може бути занадто жорстким.

Метод SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, Assess), розроблений SAS Institute, зосереджується на технічних аспектах моделювання даних. Деталізований підхід до аналізу є його головною перевагою. Проте він приділяє менше уваги бізнес-контексту та потребам замовника, що може обмежувати його застосування в проєктах, орієнтованих на бізнес-цілі.

Agile-методології, такі як Scrum і Kanban, використовуються для підвищення гнучкості та швидкості розробки. Вони дозволяють командам швидко адаптуватися до змін, що є критичним у швидкоплинному середовищі машинного навчання. Однак відсутність довгострокового планування та структурованості може створити виклики для складних проєктів, які вимагають стратегічного підходу.

MLOps (Machine Learning Operations) поєднує практики DevOps з машинним навчанням, забезпечуючи безперервну інтеграцію та розгортання моделей. Це підвищує ефективність та якість моделей, але впровадження MLOps вимагає значних ресурсів та розвиненої інфраструктури, що може бути недоступним для невеликих організацій [2].

DataOps (Data Operations) фокусується на управлінні даними протягом усього життєвого циклу проєкту. Це покращує якість даних та скорочує час розробки, але складність процесів може ускладнити його впровадження та вимагати додаткових зусиль для налаштування [3].

Вибір оптимального методу залежить від специфіки проєкту, наявних ресурсів та стратегічних цілей організації. Розуміння переваг та обмежень кожного підходу є критичним для успішного планування та реалізації складних аналітичних проєктів у сфері машинного навчання.

### **Практична реалізація.**

Для реалізації складних аналітичних проєктів у машинному навчанні важливо використовувати надійні методи, які забезпечують постійну підтримку,

адаптацію до змін та максимальну ефективність процесу. Основні кроки реалізації включають:

- Вибір та адаптація підходу MLOps. MLOps забезпечує постійну інтеграцію та розгортання моделей, що дозволяє швидко реагувати на зміну даних і оновлювати моделі в реальному часі. Періодичне перенавчання моделей допомагає уникати деградації та зниження якості через вплив часових рядів або поведінкових патернів у даних. Також важливо впровадити моніторинг якості моделей у продуктивному середовищі для своєчасного виявлення відхилень та зниження точності моделей.

- Збалансування гнучкості та систематичності за допомогою Agile. Scrum і Kanban підходи дозволяють ітеративно розробляти моделі та адаптуватися до нових умов. Регулярні ретроспективи дають змогу команді коригувати процеси й удосконалювати підхід на основі досвіду попередніх спринтів. Крім того, Agile-методологія дає змогу виділити простір для експериментальних досліджень, що є особливо важливим у проєктах машинного навчання, орієнтованих на інновації.

- Розширене тестування та моніторинг. Для забезпечення надійності аналітичних рішень важливо впровадити своєчасне та глибоке тестування, яке охоплює різні сценарії використання та стрес-тестування для великих обсягів даних. Система моніторингу повинна включати як базові метрики якості моделей, так і специфічні метрики, такі як Drift Features, що вказують на зміни в розподілі даних.

- Систематизація з використанням DataOps. DataOps дозволяє автоматизувати процеси обробки даних протягом усього життєвого циклу проєкту. Автоматизовані конвеєри очищення, нормалізації та збагачення даних значно скорочують час на підготовку й мінімізують вплив людського фактору. Додатково слід впровадити етапи валідації якості даних для тренування, оскільки помилки можуть вплинути на точність моделі [4].

- Оцінка економічної ефективності та впливу на бізнес-процеси. Важливо оцінити економічний ефект від розгортання моделей, щоб продемонструвати



цінність проекту для стейкхолдерів. Використання А/В тестування або історичних даних для оцінки приросту продуктивності дозволяє визначити реальний вплив моделі на процеси.

Таким чином, впровадження MLOps, DataOps і Agile-методологій забезпечує структурований підхід до створення та підтримки аналітичних рішень, підвищує ефективність та адаптивність моделей, знижує ризики, пов'язані з даними, і підсилює віддачу від інвестицій у складні проекти машинного навчання.

### **Висновки.**

Ефективна організація складних аналітичних проектів у машинному навчанні вимагає інтеграції підходів MLOps, DataOps та Agile. Ці методи забезпечують безперервність, гнучкість та якість моделей, мінімізуючи ризики і скорочуючи час реалізації. Важливою складовою є міждисциплінарна команда, що сприяє більш ефективному обміну знаннями та адаптації до змін. Розгортання автоматизованих конвеєрів для обробки даних і моделей знижує витрати та підвищує економічну ефективність. Такий підхід сприяє досягненню високих результатів та забезпечує стратегічну цінність для організацій в умовах швидкоплинного середовища.

### **Список використаних джерел**

1. Shavaki F.H., Ghahnavieh A.E. Applications of deep learning into supply chain management: a systematic literature review and a framework for future research. *Artificial Intelligence Review*. 2023. 56. P. 4447–4489. DOI: [10.1007/s10462-022-10289-z](https://doi.org/10.1007/s10462-022-10289-z)
2. Li R., Liang W., Peng C., An X., Zhao Z., Zhang H. Network AI Management & Orchestration: A Federated Multi-task Learning Case. *2021 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*. 2021. P. 1-6. DOI: [10.1109/GCWkshps52748.2021.9681969](https://doi.org/10.1109/GCWkshps52748.2021.9681969)
3. Bahaa S., Ghalwash A.Z., Harb H. DataOps Lifecycle with a Case Study in Healthcare. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2023. DOI: [10.14569/ijacsa.2023.0140115](https://doi.org/10.14569/ijacsa.2023.0140115)
4. Darmont J., Novikov B., Wrembel R., Bellatreche L. Advances on Data Management and Information Systems. *Information Systems Frontiers*. 2022. 24. P. 1-10. DOI: [10.1007/s10796-021-10235-4](https://doi.org/10.1007/s10796-021-10235-4)

## A LINEAR MODEL OF INTERACTION BETWEEN TWO POPULATIONS

Skobelev V. G, [skobelevvg@gmail.com](mailto:skobelevvg@gmail.com),

Skobelev V. V., [skobelevvg@gmail.com](mailto:skobelevvg@gmail.com),

*V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine*

The struggle between two populations is a classical scheme that fits a wide class of applied problems from various natural and social sciences. As a rule, to solve these problems one or another version of the classical nonlinear Lotke-Volterra model [1] or its generalization is used. It should be noted that linear models are also successfully used to solve sufficiently wide class of these problems. The first such model, which laid the foundation for a whole direction of scientific research, is the Lanchester model [2]. It is intended to explore the dynamics of the struggle between two armies that do not replenish their resources. Currently, various variants and generalizations of the Lanchester model are known. However, a generalization of the Lanchester model, which includes the possibility of replenishing populations, has not yet been studied. It is precisely this model that is defined and studied in the given paper. This model looks like this

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -k_2x_2(t) + \alpha_1x_1(t) \\ \dot{x}_2(t) = -k_1x_1(t) + \alpha_2x_2(t) \end{cases} \quad (\alpha_1 \geq 0, \alpha_2 \geq 0, k_1 > 0, k_2 > 0),$$

where:

$x_i(t)$  ( $i = 1, 2$ ) is the number of individuals of the  $i$ -th population at the instant  $t \in [0, \infty)$  (it is assumed that each individual takes part in the destruction of individuals of the other population at the instant  $t \in [0, \infty)$ );

$\alpha_i$  ( $i = 1, 2$ ) is the number of new individuals of the  $i$ -th population produced at the instant  $t \in [0, \infty)$  per existing individual of this population, and who immediately participate in the destruction of individuals of another population;

$k_i$  ( $i = 1, 2$ ) is the number of individuals of another population, which at the instant  $t \in [0, \infty)$  destroys one element of the  $i$ -th population.

We emphasize that, based on the meaning of the introduced quantities, only non-negative values of solutions to differential equations are significant for the model under study.

It should be noted that in studies related to the use of the Lanchester model or its generalizations, a distinction is made between the aimed fire and the non-aimed fire. The terms  $-k_i x_i(t)$  ( $i=1,2$ ) correspond specifically to the aimed fire, which is especially relevant for modern wars with the use of high-precision weapons.

The proposed model in matrix form is as follows

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = A\mathbf{x}(t),$$

where  $\mathbf{x}(t) = (x_1(t), x_2(t))^T$  and

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_1 & -k_2 \\ -k_1 & \alpha_2 \end{pmatrix}.$$

This presentation contains a mathematical analysis of the proposed model.

The results obtained are naturally divided into two groups.

The first group of results consists of the following results related to the construction of a general solution to the system of differential equations that define the proposed model.

It has been established that the matrix of the proposed model always has two different real eigenvalues. Formulae are obtained that represent these eigenvalues via the relationships between the values of the model parameters. Based on these formulae, it is proven that the larger eigenvalue is always positive, and the sign of the smaller eigenvalue depends on the explicitly established relationships between the values of the model parameters.

It has been proven that both components of any eigenvector for the matrix of the proposed model are nonzero. Based on this fact, for each eigenvalue, an eigenvector was constructed, which the first component is equal to unity, and the second component is represented by the relationship between the values of the model parameters.

Based on the above formulae for eigenvalues and eigenvectors, formulae are constructed that represent the general solution to the system of differential equations

that define the proposed model through the arbitrary constants and the values of the parameters of the proposed model.

The second group of results consists of the following results related to the solution of the Cauchy problem for the proposed model (we emphasize that, based on the meaning of the parameters of the proposed model, only those parts of the solution whose values are non-negative are significant).

Formulas are constructed that represent the values of arbitrary constants included in the general solution to the system of differential equations defining the proposed model, through non-negative initial values of the particular solution and the parameters of the proposed model.

Using the formulae established above, all combinations of signs for arbitrary constants included in the general solution to the system of differential equations defining the proposed model are analyzed. Those combinations of signs of arbitrary constants that may occur for the solution to the system of differential equations defining the proposed model with non-negative initial values are established. For each such combination of signs of arbitrary constants, the sets of admissible non-negative initial values for the solution to the system of differential equations defining the proposed model are established.

A qualitative analysis of solutions to a system of differential equations defining the proposed model was carried out. The maximum parts of solutions whose values are non-negative for non-negative initial values are identified.

Future research: To study similar model under the assumption that the parameters are functions of time.

### References

1. Bacaër N. Lotka, Volterra and the predator–prey system (1920–1926). In: *A Short History of Mathematical Population Dynamics*. Springer, London. 2011. DOI: [10.1007/978-0-85729-115-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-0-85729-115-8_13)
2. Lanchester F.W. Aircraft in warfare: The down of the fourth arm. London, Constable, 1916. 243 p.

## МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ КІБЕРЗАЛЯКУВАНЬ У ТЕКСТОВИХ ДАНИХ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИМИ ЗАСОБАМИ

Собко О.В., [olenasobko.ua@gmail.com](mailto:olenasobko.ua@gmail.com)

*Хмельницький національний університет*

Виявлення кіберзалякувань у текстових даних цифрового середовища зумовлена стрімким зростанням кількості користувачів соціальних мереж, месенджерів та інших онлайн-платформ. Кіберзалякування, або булінг у цифровому форматі, є серйозною соціальною проблемою, яка може спричинити значний негативний вплив на психоемоційний стан жертв, зокрема призводити до депресій, тривожних розладів, зниження самооцінки й навіть суїцидальних думок [1].

В умовах, коли масштаби поширення таких явищ ускладнюють їхнє своєчасне виявлення традиційними методами, на передній план виходять автоматизовані підходи на основі штучного інтелекту. Нейромережеві технології здатні ефективно аналізувати великі обсяги текстових даних, виявляючи характерні ознаки кіберзалякувань. Сучасні моделі машинного навчання, такі як глибокі нейронні мережі, використовуються для створення систем, які автоматично класифікують повідомлення за їхнім змістом та рівнем загрози [2].

Інструменти на основі штучного інтелекту дозволяють не лише виявляти кіберзалякування, а й сприяти їхньому попередженню шляхом надання користувачам рекомендацій або блокування шкідливого контенту. Завдяки високій точності та швидкості обробки даних, ці системи стають ключовим елементом боротьби з негативними проявами в онлайн-просторі, забезпечуючи більш безпечне цифрове середовище [3].

Існують два основні підходи до виявлення кіберзалякувань: бінарна класифікація («залякування» або «не залякування») та мультикласова, яка деталізує види залякувань (за релігійною, віковою, гендерною чи етнічною ознаками). Дослідження показують високу ефективність моделі BERT у цих завданнях, хоча проблеми дисбалансу класів залишаються актуальними. Для їх вирішення застосовуються методи балансування вибірок, такі як SMOTE, що

покращують точність алгоритмів, проте моделі потребують подальшого вдосконалення для зменшення хибних результатів [1].

Саме тому метою дослідження є створення методу виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстових даних нейромережевими засобами.

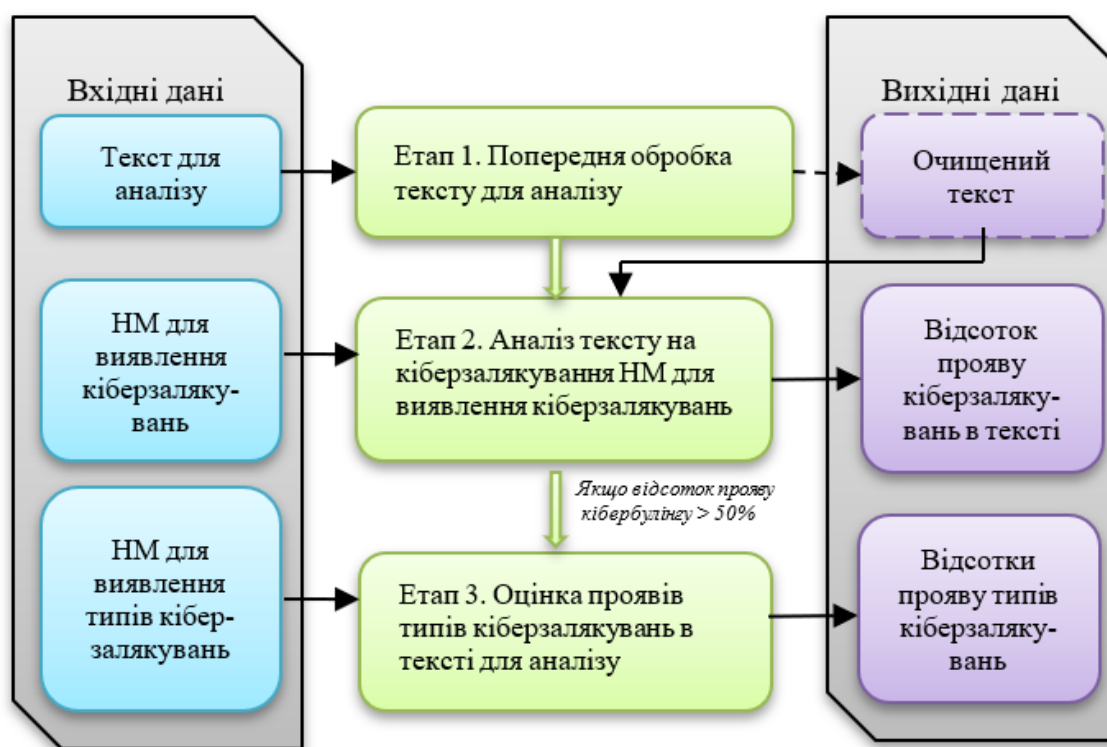


*Рис. 1. Схема методу виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстових даних нейромережевими засобами*

Метод виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстових даних нейромережевими засобами складається з трьох основних етапів.

На першому етапі здійснюється попередня обробка текстових даних. Вхідні дані очищуються від зайвих символів, таких як знаки пунктуації, емодзі та пробіли. Після цього текст перетворюється у формат, придатний для аналізу нейромережевими методами.

Другий етап передбачає аналіз текстових даних на наявність ознак кіберзалякувань. Алгоритм перевіряє зміст повідомлення, оцінюючи ймовірність його належності до категорії з проявами кіберзалякувань. Якщо ця ймовірність перевищує певний поріг, текст передається на наступний етап для детального аналізу.

На третьому етапі відбувається класифікація типів кіберзалякувань. Алгоритм визначає конкретні категорії, до яких належить текст, та оцінює ступінь їх вираженості. Вихідними даними є як загальна оцінка рівня кіберзалякувань у тексті, так і розподіл за окремими типами.

Такий підхід дозволяє виявляти не лише факт кіберзалякування, а й його різновиди, що важливо для створення безпечного середовища в онлайн-комунікації.

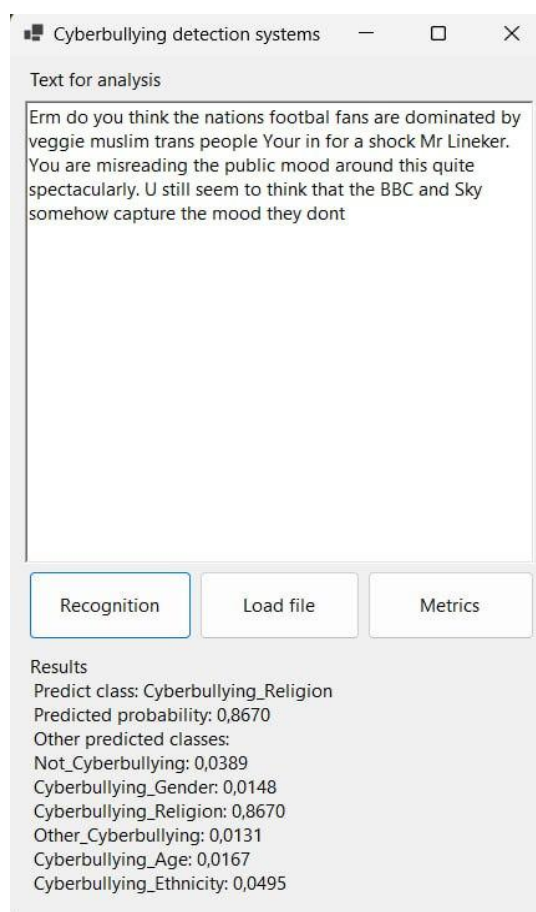


*Рис. 2. Програмне забезпечення для оцінки ефективності запропонованого методу*

Для оцінки ефективності запропонованого методу розроблено програмний застосунок (рис. 2), який аналізує текстові повідомлення на наявність кіберзалякувань та ідентифікує їхні типи у досліджуваних текстових зразках.

При виконанні етапу 2 метода у задачі бінарної класифікації було досягнуто найкращих результатів за допомогою нейромережевої моделі BiLSTM із такими показниками: Accuracy – 96%, Precision – 96%, Recall – 95,9% і F1 – 95,7%.

Для класифікації типів кіберзалякувань згідно етапу 3 методу нейромережева модель BERT продемонструвала такі показники: Accuracy – 94%, Precision – 93%, Recall – 93% і F1 – 93%.

Отже, для досягнення мети дослідження розроблено виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстових даних нейромережевими засобами. Наведений метод дозволяє оцінювати загальний рівень кіберзалякувань у текстових даних та виконувати мультикласову класифікацію, надаючи окремі показники для різних типів залякувань, таких як вікові, релігійні, етнічні чи гендерні. Ефективність методу підтверджено розробленим програмним забезпеченням, яке аналізує текстові дані і визначає загальний рівень кіберзалякувань та рівні прояву кожного типу кіберзалякувань.

#### Список використаних джерел

1. Собко О.В. Виявлення та класифікація кіберзалякувань у цифрових текстах засобами штучного інтелекту. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2024. № 4. С. 143-152.
2. Собко О. Метод інтелектуального виявлення та класифікації кіберзалякувань у текстовому контенті. *Інформаційні управляючі системи та технології ІУСТ-ОДЕСА-2024*. (23-25 вересня 2024. Одеса). 2024. С. 262-265.
3. Собко О.В., Бармак О.В. Виявлення кіберзалякувань в інформаційному середовищі засобами машинного навчання. *Інформаційна, функційна і кібербезпека СКІФіК2024 : матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції (29-30 листопада 2024. Харків)*. 2024. С. 96-97.



## ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЧНИХ РІШЕНЬ БІЗНЕС-ОРГАНІЗАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СМАРТ – ТЕХНОЛОГІЙ

Стаєцький М.О.,

[staetskiy.n@gmail.com](mailto:staetskiy.n@gmail.com)

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

### **Вступ.**

На сучасному етапі інформатизації стрімко зростає науковий та практичний інтерес до інтелектуальних систем. В умовах зростаючої конкуренції та невизначеності бізнес-організації прагнуть впроваджувати інноваційні рішення, що отримати конкурентні переваги та адаптуватися до змін ринку [1].

Прийняття стратегічних рішень є критично важливим процесом для досягнення довгострокових цілей організації. Однак традиційні підходи до стратегічного управління часто не враховують усієї багатовимірності сучасного бізнес-середовища. Пропонованим рішенням є симбіоз смарт-технологій, зокрема нечіткої логіки, із класичними підходами в галузі прийняття стратегічних рішень які можуть створити ефективний інструментарій для обробки величезного обсягу структурованих та неструктурованих даних з метою підвищення ефективності прийняття рішень у ситуаціях, коли інформація є неповною, нечіткою або суперечливою.

Подібне покращення прийняття рішень дозволить бізнес-організаціям залишатися конкурентоспроможними і досягати довгострокових стратегічних цілей. Ці стратегії все ще повинні бути розроблені кваліфікованими керівниками, але сучасні інструменти забезпечать обґрунтування для них на основі даних [2].

### **Актуальність теми.**

Надзвичайно актуальними постають завдання формування та побудови інтелектуальних систем стратегічного управління, які дозволили б керівникам бізнес-організацій своєчасно обґрунтовувати та ухвалювати стратегічні та тактичні рішення. Особливо це важливо при розробці стратегічних рішень, щодо яких відсутні чіткі вихідні дані та однозначні алгоритми розв'язку. Постійні зміни внутрішніх і зовнішніх факторів в середовищі бізнес-організацій

вимагають постійного вдосконалення і створення нових інтелектуальних систем для формування стратегічних рішень в бізнес-організаціях.

### **Гіпотеза.**

Описані ідеї класичної мудрості описані вітчизняними та зарубіжними науковцям М. Портером, можуть бути адаптовані та підсилені сучасними методами штучного інтелекту (AI), машинного навчання (ML) та нечіткої логіки які умовно можна об'єднати під визначенням “сма́рт” для прийняття стратегічних рішень у бізнес-організаціях. Така інтеграція дозволяє знизити рівень невизначеності та підвищити ефективність стратегічного планування.

### **Наукові Методи.**

Існує не так багато методів в галузі стратегій які б відзначалися широтою та повнотою представлення інформації. Дуже часто моделі потребують величезної аналітичної роботи при цьому не даючи жодних інструментів для проведення такого аналізу. Зокрема, це класичний SWOT аналіз що є найвідомішим варіантом складання стратегічного балансу підприємства [1] та концепція М. Портера [3]. Остання дозволяє оцінити привабливість галузей, яка змінюється відповідно до п'яти основних конкурентних сил, і розуміння цих сил має фундаментальне значення для розробки стратегії і досягнення переваги над конкурентами. Нижче наведено запропоновані методи, що підсилюють прийняття рішень.

Для аналізу невизначених і неоднозначних ситуацій пропонується використання методів нечіткої логіки (fuzzy logic). Такий підхід допоможе в оцінці ризиків та визначенні пріоритетів у складних умовах сучасного бізнес-середовища.

Разом з тим, штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML) відкривають нові можливості для бізнесу. AI пропонується використати для моделювання бізнес-сценаріїв. Машинне навчання дозволяє аналізувати великі обсяги даних і прогнозувати можливі наслідки стратегічних рішень. Перелічені методи мають враховувати сигнали ринку, історичні дані та індивідуальні потреби організації.

Перспективними є гібридні системи, які передбачають інтеграцію AI/ML з класичними підходами до стратегічного планування для створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (DSS). Розроблені унікальні алгоритми мають включати людські інтуїтивні підходи до прийняття рішень у взаємодії з автоматизованими системами [2].

### **Методологія дослідження.**

Системний аналіз передбачає глибинне вивчення внутрішніх та зовнішніх чинників, що впливають на прийняття управлінських рішень, а також дослідження взаємозв'язків між ними.

Моделювання передбачає розробку бізнес-сценаріїв із використанням машинного навчання та нечіткої логіки для оптимізації процесу прийняття стратегічних рішень.

Емпіричне дослідження передбачає апробацію запропонованої методики на реальних кейсах бізнес-організацій.

Експертний аналіз полягає у залученні професійних експертів для оцінки релевантності використання методів штучного інтелекту у бізнес-організаціях. Такий підхід має забезпечити незалежну та фахову оцінку запропонованих рішень.

### **Результати дослідження.**

Удосконалення процесу прийняття стратегічних рішень завдяки інтеграції AI та класичних принципів мудрості. Розробка практичних рекомендацій для впровадження інтелектуальних систем у бізнес-організації. Кінцевою метою дослідження є зниження рівня ризиків у стратегічному плануванні шляхом підвищенні рівня обізнаності бізнес організацій при стратегічному плануванні.

### **Висновки.**

Інтеграція класичних принципів мудрості з сучасними технологіями (AI, ML, нечітка логіка) відкриває нові горизонти в управлінні організаціями. Такий підхід дозволяє поєднувати людську інтуїцію та технологічну точність, створюючи передумови для ефективного прийняття стратегічних рішень у складних умовах невизначеності.

### Список використаних джерел

1. Фецович Т.Р. Стратегічний аналіз в контексті сучасного розвитку підприємств. *Науковий вісник Ужгородського університету: Серія: Економіка*. Ужгород: Видавництво УжНУ. 2011. Спецвип. 33. Ч. 2. С. 289–294.
2. Atsmon Y. Artificial intelligence in strategy. McKinsey & Company. 2023.
3. Boyett J.H., Boyett J.T. The guru guide: the best ideas of the top management thinkers. 1998.
4. William & Mary Raymond A. Mason School of Business Blog: A Guide to Artificial Intelligence in the Enterprise. URL: <https://online.mason.wm.edu/blog/a-guide-to-artificial-intelligence-in-the-enterprise>
5. Балан В. Enterprise strategies stratification based on the fuzzy matrix approach. *Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці*. 2022.
6. Турлакова С., Логвіненко Б. Artificial intelligence tools for managing the behavior of economic agents at micro level. *Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці*. 2023.

## БАЄСІВСЬКИЙ ПІДХІД ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ ЕРИТРОЦИТОЗІВ

Тарасов А., [freearcher@ukr.net](mailto:freearcher@ukr.net),

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Серед захворювань крові, що вивчаються гематологією, окремим завданням є діагностика ВЕ (вторинний еритроцитоз) та СП (справжня поліцитемія), які є еритроцитозами. Основна ознака еритроцитозів – надлишкове збільшення кількості еритроцитів в крові. На ранніх стадіях розвитку ВЕ та СП дані клінічних досліджень хворих подібні та в середньому у 30% випадків фахівці помиляються в діагностиці [1], що веде до помилок у лікуванні. На більш важчих стадіях ВЕ та СП діагностика точніша. Тому встановлення ВЕ або СП на ранніх стадіях є актуальним завданням.

В роботі застосовано баєсівський підхід розпізнавання за допомоги БПР (баєсівська процедура розпізнавання) до клінічних досліджень ВЕ, СП та ГЗЛ (група здорових людей). Вирішено поставити два завдання. Перше та головне – діагностика двох станів ВЕ та СП, друге – визначення трьох станів ВЕ, СП та ГЗЛ.

Загальна кількість показників 41. Показники поділяються на дві групи: БП (булеві показники, що приймають одне значення з двох можливих (30 з 41)) та ПДМЗ (показники з діапазоном можливих значень (11 з 41)) – показники з одним значенням з діапазонів можливих значень, які є різними для кожного ПДМЗ.

Використання БПР для ВЕ та СП розглянемо на прикладі БП (табл. 1).

*Таблиця 1.*

### ***Розподіл БП при розпізнаванні ВЕ та СП.***

| Діагноз | Кількість пацієнтів | Мутація JAK 2 |    | Підвищення холестерину |    | Зуд шкіри |     |
|---------|---------------------|---------------|----|------------------------|----|-----------|-----|
|         |                     | Так           | Ні | Так                    | Ні | Так       | Ні  |
| ВЕ      | 120                 | 30            | 90 | 25                     | 95 | 20        | 100 |
| СП      | 90                  | 60            | 30 | 20                     | 70 | 15        | 75  |

Формула Баєса, на якій базується БПР підлаштована для трьох БП табл. 1.

$$P(f=i|x_1, x_2, x_3) = \frac{P(x_1, x_2, x_3 | f=i)P(f=i)}{P(x_1, x_2, x_3)}, i = \{СП, ВЕ\} \quad (1)$$

В формулі (1) всі ймовірності замінюються частотами, що залежні від розподілів БП (табл. 1).  $P(x_1, x_2, x_3 | f=i)$  – це добутки частот подій  $x_1, x_2, x_3$  для ВЕ або СП (в табл. 1  $x_1$  – мутація JAK2,  $x_2$  – підвищення холестерину,  $x_3$  – зуд шкіри).  $P(f=i)$  – частоти, що відповідають поділам кількостей досліджень ВЕ або СП на загальну кількість досліджень.  $P(x_1, x_2, x_3)$  – добуток частот подій  $x_1, x_2, x_3$  на всій навчальній вибірці. При отриманні нового дослідження  $x_1, x_2, x_3$ , на основі розподілів табл. 1, за формулою (1) розраховуються два значення  $P(f=i|x_1, x_2, x_3)$  для ВЕ та СП. Розраховані значення порівнюються та приналежність пацієнта до ВЕ або СП базується на виборі максимального значення з двох розрахованих значень.

Застосування БПР, коли кожен показник з 41 аналізувався окремо, виділяє БП мутація гена JAK2 з найкращими результатами [1]: СП – 94,44%, ВЕ – 98,33%. Середня вартість такого дослідження 5 000 грн з середньою точністю для ВЕ та СП 95%. Серед ПДМЗ найкращі результати має показник, що вимірює кількість тромбоцитів в крові: ВЕ – 82,5%, СП – 83,33% [1]. Постає завдання отримати 100% розпізнавання СП та ВЕ виходячи з міркувань, що можливо побудувати БПР, яка підвищить ефективності розпізнавання СП та ВЕ для БП мутації JAK2 за рахунок додавання даних інших БП або ПДМЗ.

Для вирішення поставлених завдань, формуються комбінації БП та ПДМЗ перебором їх поєднань без повторів [2]. Загальна кількість поєднань підраховується відомою формулою комбінаторики визначення кількості поєднань із  $n$  по  $k$

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)!k!} \quad (2)$$

Таблиця 2.

**Розпізнавання для БП (n в формулі (2) – 30)**

| Комбінація булевих показників                                                                                                    |         | k в (2) | СП,%  | ВЕ,%  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------|-------|
| Мутація JAK2, гіперплазія мегакаріоцитарного паростка, еритроцитоз                                                               |         | 3       | 98,8  | 100   |
| Мутація JAK2, гіперплазія мегакаріоцитарного паростка, зниження еритропоєтину, еритропоєтин у нормі                              |         | 4       | 100   | 100   |
| Гіперплазія мегакаріоцитарного паростка, підвищення лактатдегідрогенази, нейтрофіліоз, підвищений гематокрит, холестерин у нормі |         | 5       | 98,8  | 100   |
| Комбінація булевих показників                                                                                                    | k в (2) | СП,%    | ВЕ,%  | ГЗЛ,% |
| Мутація JAK2, еритропоєтин у нормі, зниження еритропоєтину, еритроцитоз, підвищення гемоглобіну, холестерин у нормі              | 5       | 97,77   | 99,16 | 100   |

Таблиця 3.

**Розпізнавання для ПДМЗ (n в формулі (2) – 11)**

| Комбінація показників з одним значенням                                                                        |         | k в (2) | СП,%  | ВЕ,%  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------|-------|
| Середній об'єм еритроцита, гематокрит, еритропоєтин, лактатдегідрогеназа, тромбоцити                           |         | 5       | 95,55 | 95,83 |
| Комбінація показників з одним значенням                                                                        | k в (2) | СП,%    | ВЕ,%  | ГЗЛ,% |
| Середній об'єм еритроцита, гематокрит, еритроцити, лактатдегідрогеназа, сегментоядерні, тромбоцити, холестерин | 7       | 86,66   | 86,66 | 96,42 |

Можливі поєднання для: БП –  $C_{30}^1, C_{30}^2, \dots, C_{30}^{30}$  (в табл. 1  $k = 3$ ,  $n = 30$ ); ПДМЗ –  $C_{11}^1, C_{11}^2, \dots, C_{11}^{11}$ ; БП та ПДМЗ:  $C_{41}^1, C_{41}^2, \dots, C_{41}^{41}$ . Зробити розрахунки БПР всіх цих поєднань не є можливим, але найкращі результати [2] досягнуті при не великих значеннях  $k$  формули (2). Для розпізнавання ВЕ та СП у 100%  $k$  дорівнює 4 (табл. 2). Максимальні значення розпізнавання ГЗЛ – 100%, ВЕ – 99,16% та СП – 97,77% відповідає  $k = 5$  (табл.2). Подальше збільшенні  $k$  зменшує результати розпізнавання для ВЕ та СП, або ГЗЛ, ВЕ та СП. Результати БПР для ПДМЗ

наведені в табл. 3. Точність розпізнавання кожного рядка табл. 2 та табл. 3 не нижча за значення, що виділене жирним шрифтом.

**Висновки.** Отримання максимально можливого значення розпізнавання БПР для еритроцитозів ВЕ та СП у 100%, або найкращих ефективностей розпізнавань ГЗЛ, ВЕ та СП, потребує не значної кількості показників БП або ПДМЗ в порівнянні з загальною кількістю БП та ПДМЗ, що має навчальна вибірка. Після досягнення максимальних значень розпізнавань збільшення кількостей БП або ПДМЗ зменшує результати розпізнавання БПР.

Для отримання високої точності розпізнавання ВЕ та СП не завжди потрібно враховувати БП мутація JAK2. Дослідження такого БП є дорогим, та часто не є доступним за відсутності необхідного устаткування та навчаного персоналу. Використання дешевих та доступніших БП не значно впливає на точність.

Найкращі результати розпізнавань отримані за рахунок БП та ПДМЗ, що мають відносно не високі ефективності для ВЕ та СП. БП еритроцитоз: ВЕ – 30,83%, СП – 98,88%. БП підвищення лактатдегідрогенази: ВЕ – 99,16%, а для СП – 48,88%.

Список скорочень.

БПР – баєсівська процедура розпізнавання.

БП – булевий показник.

ВЕ – вторинний еритроцитоз.

ГЗЛ – група здорових людей.

ПДМЗ – показник з діапазоном можливих значень.

СП – справжня поліцитемія.

#### Список використаних джерел

1. Гупал А.М., Гупал А.Н., Тарасов А.Л. Баєсові процедури розпізнавання гематологічних захворювань. *Кибернетика та системний аналіз*. 2017. №6. С. 118 – 124.
2. Гупал А.М., Тарасов А.Л. Байєсівський підхід при розпізнаванні вторинного еритроцитозу та справжньої поліцитемії. *Проблеми керування та інформатики*. 2024. №3. С. 104 – 109.



## САЙТ PACKOMANIA: ЗАДАЧІ ПАКУВАННЯ КРУГІВ ТА КУЛЬ

Тиводар С., [stanislav.tyvodar@uzhnu.edu.ua](mailto:stanislav.tyvodar@uzhnu.edu.ua),

*Ужгородський національний університет*

Веб-сайт <https://www.packomania.com/> містить результати досліджень щодо різноманітних упаковок кругів та куль та надає доступ до новітніх алгоритмів у цій сфері. Тут представлені задачі оптимальної упаковки рівних та нерівних кругів у різного роду контейнери на площині – квадратні, прямокутні, кругові, прямокутно-трикутні, напів-кругові, четверть-кругові, правильно-багатокутні (від 5 до 17 сторін) та задачі оптимальної упаковки куль у куб та кулю в трьохвимірному просторі.

Сайт **packomania** був створений в 1999 році Еккардом Шпехтом (Eckehard Sprocht) – професором університету Отто-фон-Геріке в Магдебурзі. Сайт активно оновлюється до сих пір. Так, наприклад, останнє оновлення здійснено 26 вересня 2024 року. Воно стосується розділу з найкращими відомими упаковками рівних кругів в круг мінімального радіусу для таких кількостей однакових кругів – 509, 766, 772-774, 792, 801-900.

Сайт забезпечує візуалізацію розв'язків задач упаковки, що є особливо корисним для інженерів, студентів і викладачів, які вивчають задачі комбінаторики та геометрії, науковців, які порівнюють алгоритми оптимізації.

База даних оптимальних розв'язків зберігає та відображає найкращі відомі результати для різних задач упаковки. Це дозволяє дослідникам порівнювати свої результати з існуючими та вдосконалювати алгоритми. Сайт використовується як еталон у наукових дослідженнях, пов'язаних із задачами упаковки кругів та куль.

Веб-сайт <https://www.packomania.com/> є важливим веб-ресурсом для тих, хто займається вивченням та застосуванням методів оптимального розміщення об'єктів, надаючи як теоретичні, так і практичні інструменти для розв'язування складних задач упаковки.

## ІНСТРУМЕНТИ ЗІ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ У СОЦМЕРЕЖАХ І ПОШУКОВИХ СИСТЕМАХ

Тішков Б. О., [tishcov\\_b@kneu.edu.ua](mailto:tishcov_b@kneu.edu.ua)

Любимов Н.Д., [nikita0043@ukr.net](mailto:nikita0043@ukr.net)

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

**Анотація.** В роботі розглянуто сучасні тенденції використання соціальних мереж, їх вплив на розвиток контенту та конкуренцію серед користувачів. Також відмічається важливість оптимізації контенту та управління ним як одним з ключових аспектів просування контенту у конкурентному середовищі. У роботі розглянуті існуючі рішення для контент-агенств: SEMrush і Ahrefs. Ці системи надають широкі можливості для SEO-оптимізації, аналізу ключових слів, контенту та планування публікацій. Використання таких спеціалізованих інструментів дає змогу агенціям та окремим користувачам краще адаптуватися до змін ринку і досягати значних результатів у залученні аудиторії.

**Ключові слова:** соціальні мережі, SEMrush, Ahrefs, контент-менеджмент, оптимізація, маркетинг, конкуренція, аналіз контенту.

**Вступ.** Все більше людей в Україні починають користуватися соцмережами, такими як Ютуб, Інстаграм, Телеграм та інші [1]. А майже кожна людина щодня користується пошуковими системами для пошуку інформації. Ці системи - спростили багатьом життя. Але великий попит на такі системи - створює велику конкуренцію. Оптимізація контенту у пошукових системах - це дуже важливий аспект просування. Розвиток соцмереж та пошукових систем призвів до ще однієї цікавої тенденції - розвитку агенцій, які займаються управлінням контентом одразу в декількох соціальних мережах або пошукових системах. Зазвичай такі агенції допомагають різним медіа-особистостям, компаніям, відомим брендам - бути ближчими до своєї аудиторії та отримувати нові замовлення і залучення через соціальні мережі або власні веб-сайти. Однак, конкуренція - ускладнює ці процеси, а агенціям доводиться враховувати оптимізаційні фактори кожної соцмережі.

**Метою** даного дослідження є визначення ключових аспектів ефективного управління контентом у соціальних мережах, аналіз впливу оптимізаційних інструментів, таких як SEMrush і Ahrefs, на покращення результатів просування, а також виявлення практичних підходів до залучення аудиторії в умовах зростаючої конкуренції.

#### **Важливість оптимізації для соціальних мереж та пошукових систем.**

Дослідження показують, що до 70% клієнтів взаємодіють лише з першими трьома посиланнями в результатах пошуку. А 81% переходів користувачів на веб-сайти в інтернеті відбуваються через пошукові системи [2]. Високий рейтинг у, наприклад, пошуку Google дозволяє сайтам збільшувати відвідуваність і, відповідно, дохід та кількість замовлень.

Багато українських бізнесів працюють на локальному ринку і оптимізація дозволяє ефективно залучати клієнтів у конкретному регіоні. Наприклад, оптимізація під ключові слова на кшталт "кафе Київ" або "ремонт Львів" дозволяє підприємцям привертати увагу клієнтів, які шукають саме їхні послуги. Цей аспект просування є важливим не тільки в Україні. На світовому рівні просування та оптимізація контенту допомагає багатьом підприємствам отримувати нових клієнтів та нові замовлення.

Наприклад, у B2B і технологічному секторі до 52.7% і 58.8% відповідно доходів надходить із органічних пошуків завдяки різним SEO стратегіям [3].

**Використання існуючих рішень для збору, аналізу та оптимізації даних для контент-агенцій.** Деякі популярні сервіси дають змогу істотно спростити роботу таким агентствам. Вони надають різний функціонал, що дає змогу об'єднати управління контентом в одній великій і зручній системі, де, крім іншого, збиратиметься інформація про ключові запити, що набирають популярність, теми, хештеги, релевантність тих чи інших речей.

SEMrush - це високоефективний інструмент для маркетингових спеціалістів. Завдяки SEMrush можна проводити детальний аналіз конкурентів, вивчати їхні стратегії у соцмережах. Інструмент також надає можливість моніторингу реакцій на контент, аналізує ефективність публікацій і рекламних кампаній [4].

SEMrush має декілька дуже корисних функцій, які значно спрощують процес оптимізації та пошуку трендових ключових слів. Наприклад, Keyword Magic Tool дозволяє знайти велику кількість потенційних ключових слів для використання у контенті. Він аналізує тематику та тенденції в пошукових запитах, щоб підказати, які слова або фрази можуть бути найбільш ефективними для оптимізації та привертання трафіку на сайт або в соцмережі.

А функція Topic Research допомагає знайти та оцінити потенційні теми для створення контенту. Вона аналізує популярність і тенденції у певній галузі або серед аудиторії, щоб визначити, які теми є актуальними та цікавими.

Інший, не менш корисний серців це – Ahrefs. Ця система є інструментом, який допомагає веб-сайтам стати більш видимими в пошукових системах, таких як Google. Він аналізує сайт і сайти конкурентів, щоб показати, які ключові слова привертають найбільше трафіку і які сторінки найбільш популярні.

У Ahrefs є інструменти для моніторингу соціальних мереж. Користувач може відслідковувати, які публікації викликають реакції у аудиторії, які пости отримують більше лайків, коментарів або репостів. Це допомагає зрозуміти, який контент працює краще, і планувати ваші майбутні публікації з урахуванням цих даних. Ahrefs також допомагає відстежувати зміни у рейтингах ключових слів і вчасно адаптувати стратегії контенту для досягнення кращих результатів. Крім цього, у Ahrefs є інструменти для аналізу зовнішніх посилань (backlinks), що дозволяє підвищити авторитет домену в очах пошукових систем і покращити позиції в пошукових видачах.

Ahrefs і SEMrush - є потужними рішеннями для маркетингу, проте вони мають деякі відмінності: Ahrefs спеціалізується на аналізі backlinks (зовнішніх посилань), ключових слів і покращенні SEO. Його сильні сторони - це дуже деталізований аналіз backlinks і можливість відстежувати зміни в рейтингах сайту [5].

SEMrush в той же час надає ширший спектр інструментів, включаючи SEO, аналіз конкурентів, соціальні медіа, контентний маркетинг, PPC та багато

іншого. SEMrush є більш універсальним і може бути корисним як для малих бізнесів, так і для агентств з цифрового маркетингу.

**Висновки:** Конкуренція в популярних соцмережах з кожним роком дедалі сильніше зростає, а приватним особам або цілим агенціям стає дедалі складніше утримувати увагу користувачів. Однак існують сервіси, які допомагають значно спростити роботу з соціальними мережами, допомагати краще та ефективніше аналізувати контент, підказувати трендові теми та багато іншого. Усе це в сумі - дає змогу окремим особам краще керувати соціальними мережами, і, як наслідок, досягати значно більших охоплень та залучення аудиторії.

#### Список використаних джерел

1. Статистика користувачів соціальних мереж в Україні.  
URL: <https://gs.statcounter.com/social-media-stats/all/ukraine>
2. Seo- оптимізація сайту підприємства. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/24211/1/SEO-ОПТИМІЗАЦІЯ%20САЙТУ%20ПІДПРИЄМСТВА.pdf>
3. BrightEdge report. URL: <https://www.onthemap.com/blog/seo-statistics/>
4. Функції додатку SEMrush. URL: <https://www.semrush.com/features/>
5. Додаток Ahrefs. URL: <https://ahrefs.com/big-data>

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ У РОЗПОДІЛЕНИХ ВІДМОВСТІЙКИХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО МАСШТАБУ ЧАСУ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛОКАЦІЇ

Товстенко Л.М.<sup>1</sup>, Косовець М.А.<sup>2</sup>, [quantor.nik@gmail.com](mailto:quantor.nik@gmail.com), Товстенко О.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, <sup>2</sup>UNIT

<sup>3</sup>Технічний університет м.Грац, Австрія

Нейромережева технологія в розподілених відмовостійких системах реального масштабу часу для систем виявлення, супроводу та класифікації малопомітних цілей з видачею координат цілі – це, по суті, створення архітектури відмовостійкого нейрокомп'ютера реального масштабу часу, яка спрощує опис упорядкованої сукупності споживацьких і функціональних властивостей по відношенню до задач, які вирішуються, та розподіл реалізуємих функцій в ієрархії рівнів абстракції організації нейрокомп'ютера та включає характеристики мови, інтерфейсу користувача і операційну систему. Архітектура визначає міжз'єднання та функціональні можливості нейрокомп'ютера, реалізацію інструкцій та інтерфейс між окремими складовими, структуру окремих блоків, алгоритми обробки. На всіх рівнях абстракції визначається модель виконання та апаратно-програмний дуалізм.

Закладається статична та динамічна реконфігурація нейрокомп'ютера на етапі створення алгоритму та в процесі вирішення задачі в реальному масштабі часу за синхронною або асинхронною схемою (систолічний, хвильовий, тензорний чи інший процесор). При використанні хвильових структур під час вирішення завдань розпізнавання, супроводу обчислення керуються потоком даних [1].

На системному рівні основними компонентами нейрокомп'ютера є: мультипроцесор; контролер з'єднання з акселератором; мережі обміну; потокові обчислювачі. Алгоритми відображають структуру нейрокомп'ютера. Підвищення надійності досягається введенням у структуру нейрокомп'ютера елементів відмовостійкості, на базі алгоритмів розподіленої реконфігурації.

На архітектурному рівні абстракції функція всієї системи описується термінами алгоритмів з моделюванням поведінки схеми. Забезпечується чітка семантика та синтаксис моделі, що призводить до узгодженого та однозначного подання специфікації. Проводиться перевірка та верифікація схеми, окремо тестуються підсистеми. Абстрактна модель на рівні архітектури сприймається як граф потоку даних, який не містить параметрів реалізації. У процесі синтезу беремо цю абстрактну модель і формуємо структурне уявлення обчислень шляхом визначення необхідних ресурсів та параметрів реалізації моделі поведінки.

Збільшення надійності вимагає введення відмовостійкості, акцент зміщується з прикладного завдання на системну, забезпечуючи безперебійну роботу прикладного завдання, незважаючи на апаратні та програмні збої. Необхідна розробка відмовостійких програм для нейрокомп'ютера. Для запобігання відмов і збоїв нейрокомп'ютер тестується, здійснюючи верифікацію, щоб уникнути помилок. Тестування допомагає знайти помилку, але не уникнути її. Введення елементів стійкості до відмови дозволяє виправити помилки, що виникли під час роботи, а також реконфігурувати нейрокомп'ютер при відмовах з тимчасовою надмірністю. Програмне забезпечення має бути стійким до збоїв (робастним) і будується так, що воно продовжує працювати навіть тоді, коли інші частини системи починають виконувати завдання, яке відрізняється від запланованого.

Кількість збоїв перевищує на порядок кількість відмов у системах реального часу. При перезапуску процесу з місця видачі неправильного результату, ми можемо запобігти відмові процесу та поширенню відмови на інші процеси. Якщо традиційна база організації макроконвеєрних обчислень не забезпечує ранжування завдань за рівнями гарантоспроможності, проводиться пошук шляхів підвищення достовірності розв'язуваних завдань. Істотна залежність надійності та ефективності функціонування апаратних засобів визначає необхідність створення нейрокомп'ютера з варіюваним співвідношенням продуктивності та достовірності. Значення ресурсу надійності залежатиме від

продуктивності, достовірності та алгоритмічної надмірності, спрямованої на ізоляцію відмови та відновлення обчислювального процесу. Вибір архітектури, а скоріше її створення, висуває низку актуальних завдань щодо формальної інтерпретації проблем обробки інформації при дефіциті ресурсу надійності. Основоположний принцип побудови високопродуктивних нейрокомп'ютерів залишається принцип макроконвеєрних обчислень, що базується на паралелізмі алгоритмів, що зводиться до системи сильнопов'язаних та незалежних операцій. Організацію обчислень у такій системі забезпечує системне програмне забезпечення, яке визначає середовище для створення та виконання програм, створення методів доступу та управління обчислювальними ресурсами, побудова інтерфейсів між різними рівнями абстракції обчислювальної системи, створення логічних ресурсів, зручніших для управління порівняно з апаратними ресурсами, забезпечує механізм доступу, управління чергами, захист ресурсів за умов конкуренції об'єктів.

Створивши концептуальну модель стійкого до відмови нейрокомп'ютера реального часу для обробки багатовимірних полів, де процесорні елементи сильно пов'язані між собою, особливе місце відводиться міжмодульним інтерфейсам, що спрощують підтримку, модифікування і налагодження програмного забезпечення.

Типова реалізація передбачає використання окремого процесора кожної плати для обслуговування функцій простору міжз'єднань цієї плати. Процесори вимагають зовнішнє джерело синхронізації тактових сигналів, зберігають програми початкової ініціалізації, констант і вмісту регістрів, доступних лише для читання регістрів. Таким чином, процесор виконує функції програмно-апаратного ядра, яке підтримує простір міжз'єднань. Він дозволяє легко налаштувати нейрокомп'ютер, покращити продуктивність тестування модулів, ефективно реалізовує загальний тест системи, зменшує витрати, пов'язані з переналагодженням системи [2].

Архітектурний підхід заснований на реконфігурації нейрокомп'ютера при збоях або відмовах, що призводить до його деградації під час вирішення



завдання. Гнучкість нейрокомп'ютера забезпечується динамічним перепрограмуванням архітектури для оптимальної реалізації алгоритму прикладного завдання та забезпечення відмовостійкості. При виявленні відмови завдяки властивості керованості даними подальше поширення хвильового фронту автоматично припиняється [3].

Складність апаратної реалізації, перешкода та збої живлення призводять неминуче до відмов нейрокомп'ютера. При виявленні помилки нейрокомп'ютер реконфігурується і відновлюється працездатність. Реконфігурація дозволяє замінити несправні процесори резервними працездатними процесорами та перебудувати ланцюги для утворення нового нейрокомп'ютера. Відмовостійкість нейрокомп'ютера під час роботи включає тестування, реконфігурацію та перезапуск. У кожному нейрокомп'ютері можна виділити обчислювальний блок, комунікаційний блок і реконфігураційний блок, який використовується для виявлення несправності та реконфігурації.

Процеси розподіляються по мережі сильнозв'язаних процесорних модулів, призначених для мультипоточної обробки. Утворюється черга процесів та паралельне виконання взаємодіючих процесів. Кожен процесорний модуль зберігає свій стан – локальні змінні процесу та стан процесора на різних етапах роботи. При реалізації обміну між взаємодіючими процесами у стійкій до відмови структурі потрібно враховувати наступне: обмін інформації між процесами здійснюється тільки через мережу зв'язку; важливо не лише визначати відмови та компенсувати їх наслідки, а й запобігати їх; структура та функції мережі мають бути прозорими з боку керованих процесів; процесам не обов'язково подавати інформацію про те, між якими процесорами розподілено інші процеси; мережа має бути розширюваною та задовольняти вимогам процесів; необхідна надійність мережі зв'язку визначається вимогами до надійності процесів; процесори не повинні завантажуватись завданнями організації зв'язку.

Основні принципи декомпозиції нейрокомп'ютера: використання природної декомпозиції; результатом декомпозиції є ряд квазінезалежних

процесів з відносно слабкою взаємодією; всі взаємозв'язки керованих процесів здійснюються шляхом передачі повідомлень через мережу зв'язку; прагнення уніфікації інтерфейсу процесу; прагнення незалежності одних керованих процесів від критичних за часом перехідних характеристик інших керованих процесів; кожному окремому завданню бажано присвоїти свій процес, враховуючи реальний час; поруч із робочими характеристиками необхідна надійність здійснення окремих процесів одна із основних критеріїв декомпозиції системи.

Проблема надійності завжди розглядається на стадії проектування. Розглянута архітектура стійкого до відмови нейрокомп'ютера широко використовується в задачах локації для систем виявлення, супроводу і класифікації малопомітних цілей.

Нейрокомп'ютер обробки багатовимірних полів для задач локації містить схему розбиття завдань на процеси, які детерміновані у часі та у просторовій області. Тому для цих завдань можна досягти ефективного розбиття та планування паралельної обробки. Відмовостійкість є важливою характеристикою для підвищення надійності мультипроцесора і досягається апаратною, програмною, алгоритмічною та тимчасовою надмірністю архітектури, динамічного контролю та діагностики, реконфігурації та амортизації відмов.

#### Список використаних джерел

1. Товстенко Л.М., Косовець М.А., Товстенко О.А.. Системи машинного зору для виявлення швидкоплинних рухомих об'єктів в умовах низької видимості. *Проблеми програмування*. 2024. №2-3.
2. Косовець Н.А. Про апаратні засоби підвищення надійності відмовостійких мікропроцесорних систем. *Кибернетика та обчислювальна техніка*. 1993. №99. С. 102- 104.
3. Косовец Н.А., Косовец Л.Н. Отказоустойчивый мультипроцессор реального времени со встроенным механизмом восстановления. *Кибернетика и системный анализ*. 2005. Т. 40. №5. С. 169-177.

## DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE RECOVERY OF AUDIO DATA COMPONENTS

**Tovtyn M. M., Levchuk O. M.**

*Uzhhorod National University, Uzhhorod, Zakarpattia Region, Ukraine*

The audio content creation industry always needs high-quality modern audio signal separation technologies to create a quality product. An example of this is the improvement of the quality of old recordings by creating multi-channel sound, the restoration of partially lost or destroyed recordings. In source separation problems, the goal is to isolate individual sounds from a mix, such as vocals and instrumentals, even without access to the original audio channels [1].

Mathematically, we consider the mix signal  $y(t)$  to consist of  $N$  sources,  $x_n(t)$ , for  $n=1\dots N$ , so  $y(t)=\sum_{i=1}^N x_i(t)$ . Knowing only  $y(t)$ , the goal of a source separation system is to recover one or more  $x(t)$ .

However, the problem can become more complicated when the number of sources exceeds the number of channels available [2].

Previously, methods such as frequency-selective separation were used, but they showed limited results. Advances in digital signal processing have led to the development of new approaches, including independent component analysis (ICA) and matrix factorization (NMF) [3]. Today, leading audio processing methods are based on the use of neural networks and deep learning. This provides high separation accuracy even in difficult conditions [4].

Artificial intelligence is widely used in various fields: from remastering old recordings to creating remixes and preparing educational materials for musicians. For example, AI technologies were used to restore John Lennon's voice from old recordings to create a new track by The Beatles in 2023 [5]. Source separation is also used in podcast editing, where it is necessary to separate the voices of speakers [1].

Thanks to modern web interfaces and AI-based programs, source separation technologies have become available not only to professionals, but also to ordinary users. This allows you to easily separate vocals, instruments, or other sound components without the need for expensive equipment and specialized knowledge,

which significantly expands the possibilities for creative projects and improves the quality of audio work.

Modern methods of source separation are based on the following technologies:

- Spectral analysis;
- Independent component analysis (ICA);
- Matrix decomposition (NMF);
- Machine learning methods (deep neural networks) [3][4].

Such approaches provide effective source separation even in the presence of noise or spectral overlap.

The main problem remains the preservation of "live" sound after separation, since audio artifacts often appear that reduce sound quality. Despite significant progress, further research is needed to improve the accuracy and accessibility of technologies [2][5].

Thus, the development of source separation methods allows you to solve important tasks in the field of sound engineering, improving audio quality and opening up new opportunities for creative work with sound. The use of neural networks and other modern approaches increases the efficiency of the process, but there is a need for further research to overcome existing limitations.

### References

1. Remastering. URL: <https://www.izotope.com/en/learn/remastering.html>
2. Deep neural networks for source separation in music. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5382353>
3. Source separation tutorial: introduction to source separation 101. URL: [https://source-separation.github.io/tutorial/intro/src\\_sep\\_101.html](https://source-separation.github.io/tutorial/intro/src_sep_101.html)
4. Using music mastering on "Take Me Out to the Ball Game". URL: <https://dolby.io/blog/using-music-mastering-on-take-me-out-to-the-ball-game/>
5. AI music source separation: How it works and why it is so hard. URL: <https://towardsdatascience.com/ai-music-source-separation-how-it-works-and-why-it-is-so-hard-187852e54752>

## ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ІНФОРМАТИКИ

Трохимчук П. П., [Trokhimchuck.Petro@vnu.edu.ua](mailto:Trokhimchuck.Petro@vnu.edu.ua), [trope1650@gmail.com](mailto:trope1650@gmail.com)

*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*

Обговорюються основні проблеми створення універсальної теорії інформатики [1]. Подано короткий історичний аналіз цього питання [1-6]. Обговорюються питання, пов'язані з тим, якою має бути така теорія і які проблеми вона повинна розв'язувати. Аналізується питання необхідності впровадження системного підходу в теорію інформації [1, 2, 6]. Було показано, що ця теорія повинна бути варіантом теорії всього в глобальному сенсі і повинна бути теорією відкритого типу. Наведено шість критеріїв, яким мають задовольняти такі теорії [1, 5, 6]. Прикладом такої теорії є поліметричний аналіз, теорія змінної міри та ієрархії. Ця концепція включає процедуру вибору операційної бази (математичні перетворення) і відповідної обчислювальної конструкції (параметр зв'язності). Дві складові цього методу теорія інформаційних обчислень та гібридна теорія систем дозволяють розв'язати основні проблеми сучасної інформатики [1]. Сама ж теорія інформаційних обчислень з успіхом була використана для задач множення матриць та формування масивів [6]. Гібридна теорія систем була використана для розв'язання проблеми століття в кібернетиці згідно С. Біра (проблема складності інформації) та класифікації інформації за її обчислювальною складністю [3, 5]. Обговорюються й інші питання застосування цієї концепції в інформатиці.

Проблема створення універсальної теорії інформатики є однією з центральних проблем сучасної науки. Ця проблема пов'язана з розвитком цієї науки. Якщо на початку становлення цієї науки вона розвивалася відповідно до технологічних та економічних потреб, то зараз вона використовується для всіх без винятку галузей знань і видів людської діяльності. Тому така наука має містити в собі головні риси проблеми формалізації знань, зведення їх до «комп'ютерної» форми, зручності та комфортності їх обробки [1, 3]. Значну роль у цьому відіграє діалог між комп'ютером і людиною [1, 3, 4, 5, 6]. Чим менше ми

витрачаємо на це часу, тим більш сучасними є комп'ютерні технології та науки [1, 5, 6].

Основним елементом сучасного комп'ютера є процесор, який займається матричними обчисленнями [1]. Тому, так чи інакше ми повинні звести відповідну задачу до розрахунків [1, 5, 6]. З цієї точки зору ми можемо розглядати сучасну інформатику як розширення обчислювальної математики, а також як більш глибоку формалізацію теорії інформації [6].

Проблема створення основ інформатики тісно пов'язана з основами математики [6 – 9]. Як і в основах математики в інформатиці, проблема повноти системи аксіом є однією з основних. Саме проблема повноти (неповноти) призвела до кризи основ математики [7]. Завдяки цьому до основних концепцій основ математики можна віднести [7]: логічні (Б. Рассел, А. Уайтхед), формальні (Д. Гільберт, П. Бернайс), інтуїтивні (Л. Брауер, А. Гейтінг, С. Кліні та С. Вольфрам). Їх можна віднести до структурних підходів основ математики [6], оскільки вони використовують один або декілька розділів математики для розв'язання цієї проблеми, до того ж, як правило, ці розділи мають замкнену структуру. Теорема Гьоделя про неповноту також вважається фундаментальною теоремою для інформатики [1]. На ранніх стадіях розвитку кібернетики багато місця приділялось математичній логіці. Але з розвитком як кібернетики так і інформатики, потрібні більш складні теорії. В логіку були перенесена ньютонівська індукція (логічні типи Рассела [8]) та метод повноти аксіом Евкліда (теореми Гьоделя) [1, 6]. У зв'язку з цим постає питання створення теорії відкритих систем і розробки більш загальних критеріїв створення таких теорій.

Грубо кажучи, універсальна теорія інформатики повинна бути теорією всього [6]. Такі теорії повинні задовольняти шести критеріям [1, 5, 6]:

1. Це повинна бути теорія зі змінною ієрархією.
2. В основу її має бути покладено один або два принципи.
3. Вона повинна базуватись на основах математики (аналіз, синтез та формалізація будь-якої галузі знань).

4. Знакова структура цієї системи повинна об'єднувати вербальні та невербальні знання в єдину систему.

5. Такі метанауки можуть бути вибрані як експертні системи для існуючих систем знань, а також можуть бути використані для створення нових систем знань та наук.

6. Принцип спадковості має бути справедливим для всіх галузей знань.

Типовим представником такої теорії є поліметричний аналіз – теорія змінної міри та систем зі змінною ієрархією [5, 6]. Основними елементами цієї теорії є функціональні числа (узагальнені квадратичні форми); узагальнені математичні перетворення (кількісні та якісні, 15 мінімальних типів); інформаційні решітки; теорія інформаційних обчислень; поліметрична теорія мір і вимірювань та теорія гібридних систем [6].

Теорія інформаційних обчислень дозволила об'єднати аналогові та числові обчислення в єдину систему. Основним принципом теорії оптимальних (мінімальних) обчислень є узагальнення принципу найменшої дії та законів ентропії фізики та теорії інформації в єдиний «безрозмірний» принцип – принцип оптимальної інформаційної зчисленності, завдяки співвідношенню де Бройля з термодинаміки точки [10]. Гібридна теорія систем дозволила об'єднати всі галузі знань, у тому числі вербальні та невербальні, та класифікувати їх за складністю. Основою складності є поняття повноти та параметра зв'язності елементів інформаційної решітки [5]. Показано, що існує лише 10 мінімальних типів гібридних систем (систем формалізації знань), але кількість реалізації цих систем може бути як завгодно великою [5, 6]. Таким чином, поліметричний аналіз можна представити як натуральну концепцію основ математики (математика – точні знання [6]), Це дозволило зняти питання про кризу в основах математики та поліметричний аналіз можна розглядати як реалізацію ідеї А. Н. Уайтхеда про організмичний підхід в основах математики [9], а також як варіант розв'язання проблеми століття в кібернетиці С. Біра (проблема складності інформації) [3, 5] і варіант основ інформатики (реалізація ідеї основної концепції інформатики). Відповідно до цього основною

проблемою інформатики згідно з А. Єршовим є формалізація тези канадського філософа Л. Холла «Все, що йде від голови – розумне» [1]. Таким чином, для створення універсальної теорії інформатики, ми повинні врахувати цю тезу [1] та результати розвитку основ математики, теорії інформації та кібернетики.

#### **Список використаних джерел**

1. Trokhimchuck P. Main Problems the Creation of Universal Theory the Computer Science. *International Journal of Computers*. 2024. 9 P. 27-36.
2. Кухтенко А. И. Кибернетика и фундаментальные науки. Киев: Наукова Думка. 1987. 144 с.
3. Бир С. Мы и сложность современного мира. В *Кибернетика сегодня: проблемы и суждения*. Москва: Знание. 1976. С. 7–32.
4. George F. H. Foundations of cybernetics. London, Paris, New York: Gordon and Breach Science Publishing. 1977. 260 p.
5. Trokhimchuck P. S. Beer Centurial Problem in Cybernetics and Methods of its resolution. In *Advanced in computer science*. Mukesh Singla (Eds.). 7, ch.5 New Delhi: AkiNik Publications. 2020. P. 87-117.
6. Trokhimchuck P. Theories of Everything: Past, Present, Future. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing. 2021. 260 p.
7. Ружа И. Основания математики. Киев: Вища школа. 1981. 352 с.
8. Russel B. Introduction to mathematical philosophy. London: George Allen & Unwin, LTD. Museum street. 1948. 208 p.
9. Whitehead A. N. Science and the modern World. N.-Y.: Pelican Mentor Books, 1948. 224 p.
10. de Broglie L. La Thermodynamique de la particule isolée (ou la thermodynamique cachée des particules). Paris: Gauthier Villars. 1964. 104 p.



## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕПЛИЦІ

Устенко С. В., [stasustenko@ukr.net](mailto:stasustenko@ukr.net),

Гудименко О.Ю., [oleksii.hudymenko@gmail.com](mailto:oleksii.hudymenko@gmail.com),

Вознюк Я.Ю., [fehebo84@gmail.com](mailto:fehebo84@gmail.com),

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

У сучасному агропромисловому комплексі автоматизація є ключовим інструментом для підвищення ефективності виробництва. Особливо це актуально для тепличного господарства, де контроль кліматичних умов відіграє вирішальну роль у забезпеченні оптимальних умов для росту рослин [1].

Інформаційна система кліматичного контролю теплиці – це рішення, яке дозволяє автоматизувати процеси регулювання температури, вологості, освітлення, концентрації вуглекислого газу та інших параметрів мікроклімату. Її впровадження сприяє не лише збільшенню врожайності, але й зменшенню енерговитрат та раціональному використанню ресурсів [3].

Основною *метою* роботи є аналіз принципів побудови та функціонування інформаційних систем для кліматичного контролю теплиць, а також виявлення їх ключових переваг.

Ця тема є *актуальною* в умовах змін клімату та зростання попиту на сталий розвиток агросфери. Упровадження таких систем – це крок до розумного сільського господарства, яке поєднує інновації, економічність та екологічність.

На ринку існує багато рішень для автоматизації кліматичного контролю в теплицях. Комерційні продукти, як-от ClimateMinder, Autogrow, Priva, забезпечують комплексні рішення для моніторингу та управління кліматом, але зазвичай вони є дорогими й орієнтовані на великі сільськогосподарські підприємства. У той же час існують відкриті та більш доступні платформи, наприклад, на базі Arduino та Raspberry Pi, які можна адаптувати для невеликих теплиць. Відкриті рішення є більш гнучкими та дозволяють налаштовувати систему під конкретні потреби, але часто вимагають більше знань для налаштування та обслуговування [2].

Проектування інформаційної системи кліматичного контролю для теплиці включає розробку архітектури, функціональних компонентів та інтерфейсу користувача. Завдяки розробленню модульної архітектури система легко масштабуватиметься та доповнюватиметься новими функціями.

На етапі проектування архітектури системи кліматичного контролю обирається клієнт-серверний підхід. Сервер забезпечуватиме обробку та зберігання даних із сенсорів та виконуватиме автоматичне керування кліматичними параметрами. Розробка функціональних компонентів системи включає такі складові:

1. **Модуль збору даних.** Містить сенсори, які передають дані про температуру, вологість та рівень CO<sub>2</sub> у теплиці. Цей модуль зчитує показники з датчиків, відправляє їх у систему обробки даних та архівує для подальшого аналізу.

2. **Модуль управління кліматом.** Відповідно до оброблених даних цей модуль автоматично включає або вимикає прилади, такі як вентилятори, обігрівачі та зволожувачі. Алгоритми, закладені у модуль, визначають, коли і як реагувати на зміни клімату у теплиці.

3. **Модуль обробки та аналізу даних.** Включає алгоритми для обробки зібраних даних, які використовують методи машинного навчання для прогнозування змін кліматичних умов. Це дозволяє не лише коригувати поточні параметри, а й запобігати небажаним змінам у кліматі за допомогою прогнозування.

Принципова схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до Arduino UNO показана на рис. 1.

Розробка таких систем вимагає поєднання теоретичних знань і практичних навичок. На етапі аналізу визначаються ключові параметри, такі як температура, вологість, рівень освітлення та CO<sub>2</sub>, що мають вирішальний вплив на продуктивність тепличних господарств. Проектування включає розробку архітектури, вибір апаратного забезпечення та моделювання алгоритмів для обробки даних і прийняття управлінських рішень. Особливий акцент робиться

на інтеграції модулів управління, обробки даних та інтерфейсу користувача, що дозволяє зручно контролювати параметри системи у реальному часі.

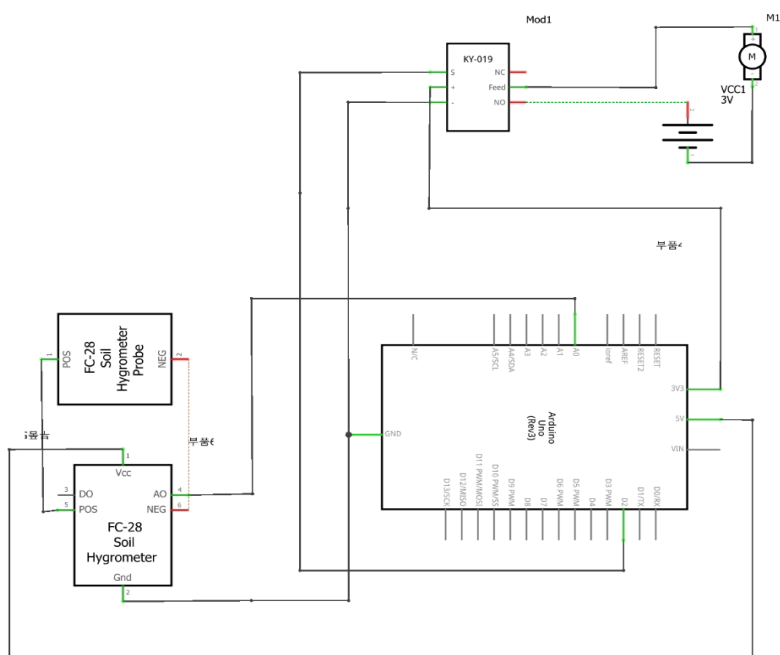


Рис. 1. – Принципова схема підключення датчиків та виконавчих компонентів

Приклад монтажної схеми підключення плати з прототипом показана на рис. 2.

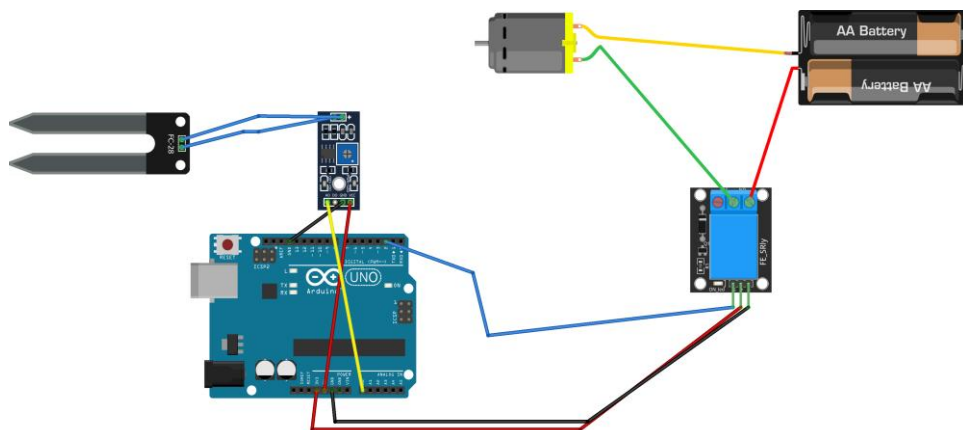


Рис. 2. – Монтажна схема підключення плати з прототипом

Використання інновацій відкриває нові можливості для прогнозування змін клімату та автоматичної адаптації системи до них. Це робить кліматичний

контроль більш точним і надійним, дозволяючи запобігти втратам врожаю та підвищити економічну ефективність [4].

Саме тому, системи автоматизованого кліматичного контролю є не лише технологічним досягненням, а й стратегічним інструментом для розвитку сучасного агропромислового комплексу.

#### Список використаних джерел

1. Статистична інформація. Сільське господарство.  
URL: <http://www.vn.ukrstat.gov.ua/index.php/statisticalinformation/228/2013--1995-2010.html>
2. Гросуляк П. І., Цьома Б. І. Структура та моделі роботи системи управління мікрокліматом мінітеплиці. *Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі*. Тернопіль: ЗУНУ. 2020. С. 37.
3. Навіщо потрібна теплиця: Плюси та мінуси тепличного вирощування.  
URL: <https://novateplica.com.ua/uk/zachem-nuzhna-teplicza-plyusy-i-minusy-teplichnogo-vyrashhivaniya/?srsltid=AfmBOoqOR5H9udvsWXX7B-Z9eWYf-ZsE-N06KC8hiVcr67O468gjPZTz>
4. Гросуляк П. І., Цьома Б. І. Використання сучасних інформаційних технологій в сільському господарстві. *Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі*. Тернопіль: ЗУНУ. 2020. С. 38.

## ІНФОРМАЦІЙНА УПРАВЛЯЮЧА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В РЕАНІМАЦІЙНИХ ВІДДІЛЕННЯХ МІСЬКИХ ЛІКАРЕНЬ

Устенко С. В., [stasustenko@ukr.net](mailto:stasustenko@ukr.net),

Онищенко В.Б., [mrwooolf@ukr.net](mailto:mrwooolf@ukr.net),

Вознюк Я.Ю., [fehebo84@gmail.com](mailto:fehebo84@gmail.com),

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

**Анотація.** В роботі представлено підходи та аспекти створення інформаційної управляючої системи для моніторингу та контролю якості повітря в реанімаційних відділеннях міських лікарень. Така система дозволяє автоматизовано відстежувати основні параметри повітря (рівень кисню, вуглекислого газу, вологість, температуру та інші показники), зберігати дані в базі даних та на основі аналізу динаміки зовнішніх змін оперативно коригувати умови підтримання мікроклімату відділень міських лікарень. Використання технологій Інтернет речей (IoT) дозволяє підвищити ефективність контролю за якістю повітря. Інформаційна система має можливість взаємодіяти з іншими медичними засобами та інформаційними системами, що значно покращує загальний контроль за станом пацієнтів та умовами їх лікування.

**Ключові слова:** інформаційна управляюча система, IoT, IoMT, якість повітря, реанімаційне відділення, медична інформаційна система, моніторинг, контроль параметрів, бази даних, система прийняття рішень.

**Вступ.** Сучасні інформаційні технології значно розширили можливості контролю та управління різними процесами у сфері охорони здоров'я. В умовах реанімаційних відділень міських лікарень важливе значення має якість повітря, оскільки пацієнти в таких відділеннях знаходяться у важкому стані, мають ослаблений імунітет і підвищену чутливість до умов зовнішнього середовища. Відповідно, забезпечення постійного моніторингу та контролю параметрів якості повітря є актуальним завданням для забезпечення безпеки та ефективності лікування пацієнтів в міських лікарнях.

**Метою** даного дослідження є створення інформаційної управляючої системи для автоматизації процесів контролю якості повітря в реанімаційних

відділеннях міських лікарень, яка дозволяє оперативно реагувати на зміни параметрів зовнішнього середовища, попереджати виникнення небезпечних ситуацій та підтримувати оптимальні умови для лікування пацієнтів.

**Використання інформаційних технологій у процесі автоматизації контролю якості повітря.** Інформаційні технології дозволяють здійснювати автоматизований збір, обробку, збереження та передачу даних про стан повітря в реанімаційних відділеннях. Дані можуть передаватися в режимі реального часу на сервер або хмарну платформу, де відбувається їх обробка за допомогою спеціалізованих алгоритмів. Для забезпечення надійності системи використовується реплікація баз даних, що дозволяє зберігати інформацію на кількох серверах.

**Архітектура інформаційної управляючої системи.** Інформаційна система контролю якості повітря в реанімаційних відділеннях базується на таких архітектурних рішеннях:

- Процес контролю якості повітря з використанням комплектів датчиків якості повітря, які включають сенсори для вимірювання рівня кисню, вуглекислого газу, температури, вологості та інших показників;
- Використання спеціалізованих мікроконтролерних засобів на основі платформ Arduino або подібних систем для збору даних з датчиків і їх оброблення;
- Формування Баз даних (БД) та збереження даних в Сховищах даних (СД), в яких зберігаються поточні та історичні дані про якість повітря;
- Використання хмарних технологій на інтернет-платформах для збереження і обробки великих обсягів даних, а також для забезпечення дистанційного моніторингу та керування системою;
- Формування Баз знань (БЗ), що містять відповідні правила та методику визначення необхідних умов лікування на основі системи прийняття рішень (СПР).

У системі контролю якості повітря використовуються технології IoT, які забезпечують безперервний зв'язок між датчиками та інформаційною

управляючою системою. Застосування IoT дозволяє не тільки моніторити стан повітря, але й інтегрувати дані з іншими автоматизованими системами лікарні, такими як системи моніторингу життєвих показників пацієнтів, що дозволяє комплексно оцінювати стан пацієнта та визначати необхідні умови для лікування. Відтак різновид IoT, Internet of Medical Things (IoMT) здійснює значний внесок для розвитку та впровадження нових технологій в процес лікування. IoMT – це концепція, яка передбачає двосторонній комунікативний зв'язок між фізичними об'єктами та комп'ютерними системами в медичній сфері.

### **Основні функції системи:**

- Моніторинг параметрів повітря в реальному часі з фіксацією даних про концентрацію кисню, вуглекислого газу, летких органічних сполук, температури та вологості;
- Автоматичний контроль вентиляційних систем;
- Формування БД, СД та БЗ з інформацією про всі проведені вимірювання, накопичення та визначення необхідних умов лікування;
- Аварійні повідомлення для оперативного інформування медичного персоналу.

### **Переваги інформаційної системи контролю якості повітря:**

- Покращення умов лікування. Підтримка оптимальних умов повітря сприяє прискоренню процесу одужання пацієнтів та зменшенню ризиків інфекційних ускладнень;
- Зниження ризиків захворюваності для пацієнтів та медичного персоналу;
- Підвищення ефективності роботи медперсоналу через впровадження необхідних процесів автоматизації контролю параметрів повітря;
- Довготривале збереження даних та можливість аналізу накопичених показників при прийнятті ефективних управлінських рішень.

**Висновки:** Створення інформаційної управляючої системи контролю якості повітря в реанімаційних відділеннях міських лікарень є важливим кроком для підвищення рівня безпеки та ефективності лікування пацієнтів. Інтеграція IoT

технологій, баз даних, сховищ даних, баз знань і систем прийняття рішень дозволяє створити надійний інструмент для забезпечення необхідних комфортних умов в реанімаційних відділеннях міських лікарень, що позитивно впливає на процес лікування та реабілітацію пацієнтів з різними діагнозами захворювання.

#### Список використаних джерел

1. Інформаційні технології у сфері охорони здоров'я. URL: <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=26374.pdf>
2. What Is the Internet of Medical Things. URL: <https://www.iotforall.com/internet-of-medical-things-iomt?ss360SearchTerm=IoMT>.
3. An IoMT platform to simplify the development of healthcare monitoring applications. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8357124>
4. Ambient (outdoor) air pollution. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
5. Lutkevich B., DelVecchio A. Internet of medical things (IoMT) or healthcare IoT. *TechTarget*. 2023. URL: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/IoMT-Internet-of-Medical-Things>



## ВИКОРИСТАННЯ CRM-СИСТЕМ У ПІДВИЩЕННІ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНOSTІ БІЗНЕСУ

Устенко С.В., [stasustenko@ukr.net](mailto:stasustenko@ukr.net),

Тішков Б.О., [tishcov\\_b@ukr.net](mailto:tishcov_b@ukr.net)

Безпалько В.М., [spike723224@gmail.com](mailto:spike723224@gmail.com)

Безпалько Ю.С., [julia.bondar.24@gmail.com](mailto:julia.bondar.24@gmail.com)

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана*

У сучасному бізнес-середовищі, де конкуренція стає все більш жорсткою, клієнтоорієнтованість виступає одним із ключових факторів успіху компанії. Орієнтація на клієнта дозволяє не лише задовольнити поточні потреби споживачів, але й передбачити їхні майбутні очікування, створюючи тим самим довгострокову лояльність [1]. Використання CRM-систем (Customer Relationship Management) стає незамінним інструментом у цьому процесі, допомагаючи бізнесу ефективно керувати взаємовідносинами з клієнтами та підвищувати рівень їх задоволеності [2].

Роль CRM-систем у клієнтоорієнтованості бізнесу:

### 1. Збір та аналіз даних про клієнтів

CRM-системи дозволяють компаніям збирати та аналізувати велику кількість даних про клієнтів, включаючи їхні вподобання, поведінку та історію покупок [3]. Це дає можливість створювати персоналізовані пропозиції та комунікації, що підвищує ефективність маркетингових зусиль [4].

### 2. Персоналізація взаємодії

Завдяки CRM-системам бізнес може забезпечити індивідуальний підхід до кожного клієнта. Персоналізація взаємодії сприяє підвищенню рівня задоволеності клієнтів та їхньої лояльності до бренду [5].

### 3. Підвищення якості обслуговування

CRM-системи надають співробітникам доступ до всієї історії взаємодії з клієнтом, що дозволяє швидко реагувати на запити та вирішувати проблеми [6]. Це покращує якість обслуговування та сприяє формуванню позитивного іміджу компанії [7].

#### 4. Оптимізація бізнес-процесів

CRM-системи автоматизують бізнес-процеси, знижуючи помилки та підвищуючи ефективність, що дозволяє співробітникам зосередитися на розвитку клієнтських відносин [8, 9].

##### Переваги використання CRM-систем

- Збільшення лояльності клієнтів: персоналізований підхід та високий рівень обслуговування сприяють формуванню довгострокових відносин з клієнтами [10].

- Підвищення продажів: краще розуміння потреб клієнтів дозволяє пропонувати їм відповідні продукти та послуги, що збільшує обсяги продажів [11].

- Покращення маркетингових стратегій: аналіз даних про клієнтів допомагає ефективніше сегментувати ринок та розробляти цілеспрямовані маркетингові кампанії [12].

##### Виклики при впровадженні CRM-систем

- Інвестиційні витрати: впровадження CRM-систем потребує значних фінансових вкладень, як у придбання програмного забезпечення, так і в навчання персоналу [13].

- Спротив змінам: співробітники можуть опиратися новим технологіям та змінам у процесах [14].

- Якість даних: для ефективної роботи CRM-системи необхідно забезпечити точність та актуальність даних про клієнтів [15].

##### Стратегії успішного впровадження CRM-систем

- Планування та підготовка: ретельне планування процесу впровадження, включаючи визначення цілей та очікуваних результатів [16].

- Навчання персоналу: забезпечення належного навчання співробітників щодо використання CRM-системи [17].

- Моніторинг та оцінка: постійний контроль за роботою CRM-системи та оцінка її ефективності [18].

**Висновки.** CRM-системи підвищують клієнтоорієнтованість бізнесу, допомагаючи краще розуміти потреби клієнтів, забезпечувати якісне обслуговування та будувати довгострокові відносини. Попри виклики впровадження, їхні переваги сприяють зростанню конкурентоспроможності та прибутковості компанії [2, 10].

#### Список використаних джерел

1. Kotler P., Keller K. L. *Marketing Management*. Pearson Education. 2016.
2. Buttle F. *Customer Relationship Management: Concepts and Technologies*. Routledge. 2009.
3. Peppers D., Rogers M. *Managing Customer Relationships: A Strategic Framework*. John Wiley & Sons. 2011.
4. Payne A., Frow P. A Strategic Framework for Customer Relationship Management. *Journal of Marketing*. 2005. 69(4).
5. Chen I. J., Popovich K. Understanding customer relationship management (CRM): People, process and technology. *Business Process Management Journal*. 2003. 9(5).
6. Mendoza L. E., Marius A., Pérez M., Grimán A. C. Critical success factors for a customer relationship management strategy. *Information and Software Technology*. 2007. 49(8).
7. Reinartz W., Krafft M., Hoyer W. D. The customer relationship management process: Its measurement and impact on performance. *Journal of Marketing Research*. 2004. 41(3).
8. Rigby D. K., Ledingham D. CRM done right. *Harvard Business Review*. 2004. 82(11).
9. Zablah A. R., Bellenger D. N., Johnston W. J. An evaluation of divergent perspectives on customer relationship management: Towards a common understanding of an emerging phenomenon. *Industrial Marketing Management*. 2004. 33(6).
10. Reichheld F. F. The one number you need to grow. *Harvard Business Review*. 2003. 81(12).
11. Winer R. S. A framework for customer relationship management. *California Management Review*. 2001. 43(4).
12. Xu M., Walton J. Gaining customer knowledge through analytical CRM. *Industrial Management & Data Systems*. 2005. 105(7).
13. Goodhue D. L., Wixom B. H., Watson H. J. Realizing business benefits through CRM: Hitting the right target in the right way. *MIS Quarterly Executive*. 2002. 1(2).
14. Corner I., Hinton M. Customer relationship management systems: Implementation risks and relationship dynamics. *Qualitative Market Research: An International Journal*. 2002. 5(4).
15. Bose, R. Customer relationship management: Key components for IT success. *Industrial Management & Data Systems*. 2002. 102(2).
16. Kim J., Suh E., Hwang, H. A model for evaluating the effectiveness of CRM using the balanced scorecard. *Journal of Interactive Marketing*. 2003. 17(2).
17. Bull, C. Strategic issues in customer relationship management (CRM) implementation. *Business Process Management Journal*. 2003. 9(5).
18. Foss B., Stone M. *Successful Customer Relationship Marketing*. Kogan Page. 2001.

## ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ ОСОБО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАСОБІВ

Фесенко М.Б., [clnt\\_49@ukr.net](mailto:clnt_49@ukr.net)

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

Забруднення території або акваторії відноситься до техноподії. Для ліквідації наслідків техноподії потрібно очистити територію та акваторію від усіх вибухонебезпечних засобів. Поєднаємо усі небезпечні засоби, що загрожують життю людини у групу особо небезпечних засобів (ОНЗ). Якщо будь який ОНЗ опинився поруч з людиною, то він обов'язково таїть у собі небезпеку щодо життя цієї людини. Міни можуть діяти як окремо, так й бути складовою частиною ще більш небезпечних об'єктів, наприклад: склад снарядів, пального, тощо. Деякі ОНЗ можливо розмінувати на місці їх встановлення, або у іншому місці, що безпечніше для оточуючих. Інші категорично заборонено або зовсім неможливо розмінувати, тобто знешкодити. Для того, щоб ліквідувати небезпеку від ОНЗ, потрібно спочатку вилучити їх зі місця встановлення або знаходження. Далеко не кожна ОНЗ дозволяє це зробити. Треба знати, який ОНЗ можливо вилучити, а який не можливо. Якщо неможливо, то треба знешкодити його на місці. Тобто ліквідувати за допомогою тротилової шашки, вогню, або імітації якихось умов, на що реагують датчики ОНЗ. Зараз таке життя, що про це має знати та розуміти кожен громадянин. Це вкрай актуальне для сьогодення.

Метою роботи є загальна класифікація ОНЗ. Зору людини має разом відкритися уся прихована від неї небезпека щодо її життя. Побудуємо спрощену загальну класифікацію ОНЗ, тому що поки що бракує інформації [1, 2] для повного опису.

Загальні ОНЗ поділяються на суббоєприпас, піротехнічні засоби (салютні, пітардні, імітуючі), міни, гранати, міни-гранати, за діючою вибуховою речовиною, за типом безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Суббоєприпаси за типом елементів умовно поділяються на касетний боєприпас (КПДМ-4, кумулятивно-осколковий КОБЕ 3023 Наполягання, КОБЕ 3Б30, осколково-фугасний 9Н24, 9Н210, 9Н235, осколково-фугасний 3-0-10, 3-0-13, 3-0-14, 3-0-16, СПБЕ-Д), боєприпас авіаційних касет (СПБЕ, СПБЕ-Д, СПБЕ-К, РБК,

КМГУ), боєприпас головних частин ракет. РБК бувають різних комплектів: РБК-250 (АО-1, АО-1М, ЗАБ-2,5М), РБК-500 (кумулятивний протитанковий ПТАБ-1М, АО-2,5 РТМ, АО-1М, ПТАБ-1У, ПТАБ-2,5М, ЗАБ-2,5М), ШОАБ-0,5. КМГУ охоплюють ПТАБ-1М, ПТАБ-1У, ПТАБ-2,5М, осколково-фугасний протитанковий ПТАБ-2,5КО. Боєприпас головних частин ракет за дією пірозділяється на: осколково-фугасну (9Н255), запальну (9Н247М) та об'ємного вибуху (9Н267М, 9Н277). Гранати за видом поділяємо на учбові, ручні кумулятивні, ручні осколкові (Ф-1, РПГ-5) або зарядні до РПГ (ПГ-7ВС, ПГ-7ВМ, ПГ-7ВР, ПГ-7В, ПГ-7ВЛ, ТБГ-7В). За діючою вибуховою та допоміжною речовиною виділимо наступні: октоген, гексаген, тротил, тетріл, пластит, віск, ОЛА-8Т, ЛД-70, ТГ-40, ТГ-50, ТГА-40, А-1Х-1, А-1Х-2, поліакріл, ПВВ, А-1Х-20, порох, ПВВ-5А, амотол, ВВО-32, ТГ-40/60, суміш МС, амоніт А-50, магнієвий сплав, алюміній, ПВВ-5+тетріл, амоніт А-80, ОМА на основі октогену, металохлоридна суміш. За типом БПЛА: розвідувальні (міни); ударні за озброєнням: СВП, міна МОН-50, граната РГК-3, граната ПГ-7, бомба ПТАБ-2,5; універсальні зв навантаженням: міни (ПОМ-2, ПОМ-3, КЗ-6), міна-граната (ЗМГ), бомби (ОФСП-05, ОФСП-08, ОФСП-1,5, ОФСП-2,5 ).

Продовження класифікації охоплює клас мін. Потрібно відокремити ознаки, за якими робилася ця класифікація мін. Насамперед, це заповнююча речовина: вибухова речовина, запалювальна речовина, шрапнель, кільця, готові забійні елементи (ГЗЕ), тобто ролики або кульки; за можливістю знешкодження, а також розмінування: для більшості це заборонено, за деяким визначенням можливо. За ознакою маскування: ґрунт, гілки, річі, інші міни. За виготовленням: промислові заводські, кустарні, або взагалі саморобні. За потужністю, або у тротиловому еквіваленті: велика, середня, мала. За встановленням: вручну, автоматично, дистанційно. За часом спрацьовування: обмежений, необмежений, непередбачуваний, зі самоліквідацією, зі часовим механізмом. За датчиком: сейсмічний, акустичний, тактильний, магнітний, механічний, інерційний, гравітаційний, гіроскопічний. За підривом: послідовно, одночасно, за програмою. За способом взведення: контактні, програмовані,

датчикові, дистанційні, радіоприводні, безконтактні, електроприводні, зачепні, часовим механізмом, комбіновані, іншою міною. За розташуванням: у землі, у воді, поверхнева, встановлена у БПЛА, касету, ракету або у інший замінований об'єкт; стаціонарна або динамічна. За кріпленням: магнітне, зачеплене, підвішене за розтяжкою дротом, ниткою, стрічкою або шнуром. За детонатором: вбудований або зовнішній. У якості зовнішнього детонатора може виступати термобарістичний засіб. Коли це невеличке плазмове коло влучає у начинине БПЛА, то ще пару секунд продовжується польот та впізнаваний гул зі характерним коливанням від ще працюючого двигуна та пропелеру, лише тільки потім відбувається підриг вибухової речовини, що супроводжується характерним грохотом, уражуючими уламками, ударною хвилею, кількома ярко жовтими брезентами бризгами та ядовитим жовто-сіро-коричневим облаком на декілька метрів у діаметрі, що по інерції продовжує деякий час переміщуватися у напрямку польоту знищеного БПЛА. За призначенням: учбові, несправжні макети, відволікаючи, групові, об'єктні (МПМ, МЗД-21, БМП, МЗС, СПМ, МПМ-Э, МЗУ-2 Будова), пастки (МЗУ-2 Верба, МЛ-7 Пастка, МЛ-8 Пастка, МС-3 Сюрприз, МС-4 Сюрприз, МЗУ-2 Будова, МЗД-21), сюрпризи (МС-3 Сюрприз, МС-4 Сюрприз), основні, допоміжні, сигнальні, димові (УДШ), запалювальні (ЗМГ), протигелікоптерні (Бумеранг, ПВМ Темп-20), протитранспортні (МЗУ-С, МЗУ, МЗУ-2 Верба), протидесантні (ЯРМ, ПДМ-1, ПДМ-1М, ПДМ-4, КПДМ-4), протитанкові, протипіхотні. Сигнальні міни за сигналом умовно поділяються на світлові, звукові та комбіновані, зокрема: МСК-40, МСК-40П, МСК-40ПЭ, МСК-40-01, МСК-40-02, МСК-40-03, ССМ, СОМ. Протитанкові міни за датчиком поділяються на візирні та натискні; а за напрямом на: протидахові (ПТКМ-1Р), протибортові (ТМ-83), протиднищеві (ТМ-79, ТМ-82, ПТМ-4Р, ПТМ-4/4М, ПТМ-3 Нокаут); протигусеничні (ТМ-59, ТМ-62, ПТМ-1, ПТМ-1Г, ТМ-62М, ТМ-62Т, ТМ-62П, ТМ-62П2, ТМ-62П3, ТМ-62Д, ТМ-62Б). Протипіхотні міни за підривачем поділяються на МУВ (МУВ, МУВ-2, МУВ-4) та МВЭ (МВЭ-92, МВЭ-НС); за механізмом дії: нажимні (ПМН-1, ПМН-2, ПМН-4, ПМД-6М), натискні (ПФМ-1, ПФМ-1С), датчикові (візирні, натискні, теплові, ПОМ-2Р,

ПОМ-2Р1, ПОМ-2 Отёк), дистанційні керовані міни (МОН-200, МОБ, ПОМ-3 Медальон, МОН-50, МОН-90, МОН-100, ОЗМ з УВК) за півдривачем у свою чергу поділяються на: НВУ-П Охота, ВУЗ-8, НВЭ-92, НВЭ-НС, МУВ, НВУ-П2, НМ), натяжні вистрибуючі (ОЗМ-72, ПОБ Пилка), натяжні (ПОМЗ-2, ПОМЗ-2М), натяжні міни-гранати (ОФ-34, ОФ-36, ЗМГ, МИБ).

Таку побудовану спрощену класифікацію ОНЗ можливо візуалізувати та розташувати на двох рисунках формату А4. Тоді майже увесь спектр прихованої небезпеки щодо життя кожної окремої людини буде можливо побачити разом як на двох відкритих зору долонях, що представлені перед очима.

#### **Список використаних джерел**

1. Дідур О., Шевченко М. Міни. Посібник військовослужбовця ВСУ, НГУ, ДСНС, ТрО України. Київ. Львів. 2023. 243с.
2. Посібник з базової ідентифікації боєприпасів в Україні. Київ, 2023. 692с.

## СХЕМОТЕХНІЧНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ОСОБО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАСОБІВ

Фесенко М.Б., [clnt\\_49@ukr.net](mailto:clnt_49@ukr.net)

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

Людина існує у часі. Якщо воно мирне, то на полях засівають хліб, будують плани на майбуття. Якщо на полях засівають міни [1, 2], то щось пішло не так... Адже "що посіємо, то й пожнемо." Народна мудрість завжди підкаже. Для того, щоб знешкодити поля та посіяти розумне та добре, треба зрозуміти, як побудоване зле, як завжди далеко не просте...

В залежності від того, у який корпус встановлена вибухова речовина, маємо різні класи особо небезпечних засобів (ОНЗ): міни, касети, гранати, снаряди, бомби, ракети, безпілотні літальні апарати. Між ними є як багато різного, так й багато спільного. Загальне призначення ОНЗ - це ураження цілі. А ціллю може бути будь що, тобто усе. Кожен ОНЗ має бути мотивован на відпрацювання. Оскільки це спрямовано супротив людини, то має бути так званий мотив спрацювання. Пес, що кидається під танк, або винюхує вибухівку чи наркоту, зовсім не має ніякої думки про те, що коїться. Він просто відпрацьовує те, чому його навчили. Тим паче небезпечний засіб, тобто суто технічний пристрій має чимось керуватися у своїх діях, зовсім не розуміючи про те, що його відпрацювання - це є по суті самоліквідація. Кожна людина отримує сигнали від сенсорів та мозку у вигляді електричних імпульсів. Але чомусь реагує на них через хімічну реакцію зі прискоренням гормонами, ферментами чи іншими каталізаторами. Існують методи моделювання вибуху як кінцевого етапу спрацювання вибухової суміші. Однак до вибуху ще слід добратися. Проста звичайна схема з вибухівки та бікфордого дрота з пропиткою, що дозволяє мінеру за розрахунковий час горіння дрота (лінія затримки) встигнути віддалитися на безпечну відстань, значно ускладнилась. Хімічне програмування дозволяє як заблокувати вибухову реакцію на деякий час, так й ініціювати її у заданий проміжок часу. Для керування цим процесом останні роки все частіше



стало використовуватися математичне, радіотехнічне програмування та штучний інтелект.

Метою даної роботи є розробка схемотехнічного методу структурно-логічного моделювання ОНЗ для усього живого та неживого. У нашому розумінні модель – це структурована форма представлення та підміни будь-якої частини або у цілому реального об'єкта досліджень, що відображає його можливості, характеристики, властивості, параметри, тощо замість нього самого. Складовою частиною ОНЗ є міни. На їх прикладі й стисло розглянемо суть запропонованого метода. До класу мін відносимо пристрої зі вибуховою речовиною, що вибухають не одразу після встановлення, а через деякий час за визначеною причиною. Умовно за загальною схемою міна має наступну структуру: датчик, комутатор, підривач, детонатор, вибухова суміш, ізолятор, корпус, допоміжні кріплення.

Введемо визначення. Контуром міни назвемо окремо звено або цепь структурної схеми міни, що має будь-яку природу спрацювання: фізичну, хімічну, електричну та інші, або змішану. Приклади контурів: контури датчика, підривача, детонатора, самоліквідувача та інші. За цією ознакою виділимо триконтурні, чотириконтурні, п'ятиконтурні та багатоконтурні міни. Багатоконтурність дозволяє ускладнити ОНЗ. Один контур може як вкладуватися у другий, так й існувати поруч та дублювати одне одного.

Схему логіки працювання кожного окремого контуру міни та їх взаємодію пропонуємо виконати схемотехнічно зі використанням елементів логіки та пам'яті. Для цього зручно використати стандартні пакети схемотехнічних систем автоматизації проектування (САПР), зокрема для програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Для програмування краще обрати найбільш розповсюджену мову схемотехнічного програмування, зокрема VHDL. Побудована часова діаграма надасть можливість прорахувати послідовність спрацювання контурів схеми та їх взаємодію, а також несуперечність. Найбільш складною контурною схемою є підривач з ініціалізацією детонації. Підривач може мати декілька контурів. Вибухова речовина детонатора перед вибухом має

прийти у відповідний стан, що досягається підвищенням щільності та температури. Лише потім відбувається ініціалізація на підриив. У залежності від призначення вибуху його ініціалізація відбувається або прискорено, або зі заданою затримкою. Причому вибухова суміш звичайно флегмується на захист від випадкового спрацювання. Відповідним чином слід інтерпретувати й логічну схему, що моделює спрацювання контурів підриивача. Усе має мати свою логіку.

Зараз спостерігаємо тенденцію зростання кількості підриивачів у ОНЗ. При цьому безумовно підвищується надійність спрацювання ОНЗ. Деяки сучасні снаряди мають по три підриивача. Окреми міни мають по два підриивача, що робить їх розмінування неможливим. Одночасно спостерігаємо тенденцію зростання кількості датчиків у ОНЗ та їх інтелектуалізацію. Тому значно ускладнюються задачі моделювання ОНЗ та їх окремих частин. Найбільш досконалі ОНЗ з об'ємно детонуючими вибуховими речовинами також мають декілька підриивачів, що спрацьовують послідовно у декілька етапів. Спочатку першим підриивачем запускається процес формування повітряно-горючої суміші у вигляді облака аерозолі зі оксетаном, оксираном або ще з гіршими властивостями. Коли це облако повітряної суміші починає зростати, спрацьовує другий підриивач, або одразу декілька підриивачів одночасно. Тоді й відбувається те страшне ураження на великі відстані зі високою брізантністю та фугасністю. Складних контурів тут забагато. Але головне, що у відкритій літературі відсутні схеми як підриивачів, так й самих об'ємних ОНЗ. Відмітимо, що термобаристичні засоби протиповітряної оборони також використовують повітряно-аерозольну суміш, тільки для знищення ОНЗ, що переміщуються у повітряному просторі. Схемотехнічний метод структурно-логічного моделювання може бути також використаний для хімічних та фізичних процесів іншої природи, не тільки вибухової.

Відомо, що детонація набагато складніше, ніж вибух. Вона має різні швидкості. Чим більше швидкість детонаційних хвиль, тим, у квадратичній залежності, більше швидкість виділення енергії, тобто енергії ударної хвилі, та гірше наслідки від ОНЗ. До дослідження детонації як раз й прийшли від вивчення

вибухової природи та властивостей фугасності, брізантності. Логіка винекнення уражуючої ударної хвилі явища детонації дуже складна. Якщо вникнути до метода моделювання детонації ZND, то можливо обнаружить такий малопомітний факт, що саме це моделювання привело до появи універсальної комп'ютерної техніки. У цього метода моделювання детонації є три автора, що незалежно у різних країнах прийшли до його відкриття у своїх особистих дослідженнях. Z - це Яков Зельдович, D - це Вернер Деринг, а N, тобто другим, є Джон фон Нейман, якому належить неймановская архітектура та принципи її конструювання. Мабуть це не випадково. Попереду логіка теорії вибуху, а вже потім логіка комп'ютерної техніки. Зараз відбувається зворотнє: логіка вибухових ОНЗ моделюється на комп'ютері. Брізантність ОНЗ, що характеризує дробління будь-якої істоти чи споруди ударною хвилею, доки ще не має свого вимірювального еквівалента. Але усеж таки швидкість детонації іноді порівнюється зі швидкістю звуку у середовищі. Оскільки існують наземні, підводні та підземні вибухові середовища, то число Маха не завжди підходить щодо вимірювання. Тому пропонуємо увести вибуховий аналог числа Маха, наприклад число Б, яке буде характеризувати брізантність вибуху відношенням швидкості ударної хвилі вибуху до швидкості звуку у середовищі, що підверглося вибуху.

#### **Список використаних джерел**

1. Дідур О., Шевченко М. Міни. Посібник військовослужбовця ВСУ, НГУ, ДСНС, ТрО України. Київ. Львів. 2023. 243 с.
2. Посібник з базової ідентифікації боєприпасів в Україні. Київ. 2023. 692 с.

# PHYSICAL INFORMED NEURAL NETWORK FOR LIFE EXTENSION

**Cherhykalo D.O., [denischergicalo@gmail.com](mailto:denischergicalo@gmail.com)**

*Faculty of Computer Science and Cybernetics*

*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine*

Recently, research has begun on the application of Physically Informed Neural Networks (PINNs) in the field of biology, but there is still a gap in the theoretical understanding of the problems that PINNs may face when trying to improve the length and quality of life of an organism and how to optimally solve them. Applications are complicated by the nonlinear and often non-continuous nature of the spatio-temporal chemical kinetics of key ions responsible for maintaining a healthy state of the organism. Evolutionary selection and epigenetic adaptation create many mechanisms that solve critical deficiencies associated with the stability of a healthy state, but do not solve the problem when mechanisms begin to strongly affect each other, creating the possibility of the emergence of deviations that are not completely suppressed and have weak exponential growth such as the accumulation of DNA defects. Creating conditions under which such mechanisms will work without interfering with each other and then gradually bringing them to realistic conditions can make it possible to more easily intrude processes near a healthy state in order to reveal hidden components that lead to the destruction of the organism.

## 1. Introduction.

By modeling epigenetic and metabolic processes as different components and considering their spatial-temporal distribution and taking into account the nonlinear nature, we obtain a multicomponent nonlinear partial differential equation. Of these, the most studied for obtaining mathematical models of embryogenesis and organogenesis is the reaction-diffusion equation:

$$\frac{\partial u_i(t, X)}{\partial t} = \left( f_i(u_1(t, X), \dots, u_n(t, X)) + d_i \Delta u_i(t, X) \right), i \in \overline{1, n}, \frac{\partial u}{\partial n} = b = 0, X \in \partial B$$

The standard equation has the same diffusion coefficients and rarely allows one to construct complex patterns with different scales inside, so different coefficients are often considered [7].

Also for more complex cases, the  $n \times n$  cross-diffusion matrix is used:

$$\frac{\partial u(t, X)}{\partial t} - \left( f(u(t, X)) + D\Delta u(t, X) \right) = 0.$$

The more parameters, the more difficult it is to directly link the properties of the pattern and the parameters of the model, but Google Research decided to move in this direction [5], their work made it possible to translate the description of self-organizing systems with non-obvious capabilities into a description of differentiable self-organizing systems, with an explainable gradient towards the desired properties of the system. Limitations of formulas for directly obtaining coefficients from system properties did not allow increasing the parameter space and the search area for coefficients. But the task of obtaining only the direction to the desired coefficients allows us to achieve the ability to obtain many parameters by studying the same data [6]. In this way, a more qualitative model of how the skin of the gopher (*Ictidomys tridecemlineatus*) and the patterns on it are formed. It was compared with existing methods [8] and theories [7] and it was shown that it is more effective for modeling complex patterns.

## 2. Life quality optimization problem.

Let's consider the case when the algorithm built a mathematical model that is able to extend the life of an organism by maintaining the stability of the state  $u_{healthy}$  under some simplified conditions. That is, a vector of optimal parameters  $c$  was found for the following problem with a operator  $T_c$ :

$$u_t = T_c(u) = A(u, \Delta u, c), (u_{healthy})_t = T_c(u_{healthy}),$$

$$F(u_0, c) = \int dist(u(t, X), u_{healthy}(X)) dt \rightarrow min$$

where  $u(t, X) = (u_1(t, X), u_2(t, X), \dots, u_n(t, X))$  - vector of spatio-temporal distribution of metabolic processes and epigenetic configurations.

Now, in more realistic conditions, we have the task of some perturbation of the model

$$u_t = A_\epsilon(u, \Delta u, c), A_0 = A.$$

3. New gradient algorithm. We obtain a linearized equation for  $\delta$  - a small deviation from  $u_{healthy}$ ,  $\delta_t = a_{\epsilon, u_{healthy}}(\delta, \Delta\delta, c)$ .

Let's take the maximum eigenvalue by its real part for  $a_{\epsilon, u_{healthy}} - \lambda_\epsilon$ . We have what  $\Re(\lambda_\epsilon) = \ln\left(\|e^{a_{\epsilon, u_{healthy}}}\|_2\right)$ . From what we have that if  $a_{\epsilon, u_{healthy}}$  changes continuously according to the norm  $\|\cdot\|_2$  over the variable  $\epsilon$  we have  $\Re(\lambda_\epsilon)$  changes continuously. And therefore, in the case of the appearance of instability in pattern formation during growth  $\epsilon$  will be the minimum value  $\epsilon_1$  for which  $\Re(\lambda_{\epsilon_1}) = 0$ .

Suppose we chose  $\epsilon$  in such a way that  $\lambda_\epsilon$  the only eigenvalue with  $\Re(\lambda) \geq 0$ . For this eigenvalue, consider the eigenvector  $u_{\lambda_\epsilon}(X)$ . Then, with initial values  $u_0$  close to  $u_{healthy}$  we will have a problem close to a linearized one:

$$\delta_t = a_{\epsilon, u_{healthy}}(\delta, \Delta\delta, c).$$

For  $\delta(t, X) = k(t)u_{\lambda_\epsilon}(X)$  we have  $\delta(t, X) = k(0)e^{\lambda_\epsilon t}u_{\lambda_\epsilon}(X)$  - The component of the system that leads to death, for the main organism it will be the main hidden factor that needs to be removed and which leads to visible diseases, although it may have an unobvious space-time structure, slowly undermining the space-time processes of self-healing of the organism.

$$FailComponent(t) = \frac{u(t, X) - u_{healthy}(t, X)}{\|u - u_{healthy}\|_B}$$

Because of the exponential growth, the gradient becomes very sensitive to configurations that may rarely cause even higher power numbers and have no sensitivity to the desired components, but which occur for most cases. To solve this problem, we need to normalize the gradient and smooth it, thereby minimizing the impact of random deviations with stronger exponential growth:

$$c_{i+1} = c_i - \alpha \bar{g}_i, \bar{g}_i = \frac{1}{1-\beta^{i+1}} G_i,$$

$$G_i = \beta g_i + (1 - \beta)G_{i-1}, g_i = \frac{grad_c F(u_0, c_i)}{\|grad_c F(u_0, c_i)\| + \epsilon}$$

This differs from traditional approaches in that instead of trying to understand the cause only by the disease itself or visible markers associated with it, it focuses on

revealing what exactly made the system more vulnerable and reveals not only the chemical but also the spatio-temporal nature of this deviation, making it possible to study it by simple observations close to the healthy state of the organism.

### References:

1. Klyushin D. A., Lyashko S. I., Pavlychko V. V. Model-Based Analysis of Biological Tissue Heating by Point Ultrasound Sources. *Journal of Automation and Information Sciences*. 42(2). P. 44–50.
2. Weinan E. *Principles of Multiscale Modeling*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2011.
3. Alber M. et al. Integrating Machine Learning and Multiscale Modeling—Perspectives, Challenges, and Opportunities in the Biological, Biomedical, and Behavioral Sciences. *NPJ Digital Medicine*. 2019. 2(1). P. 115.
4. He Z. The Control Mechanisms of Heart Rate Dynamics in a New Heart Rate Nonlinear Time Series Model. *Scientific Reports*. 2020. 10 (4814). DOI: [10.1038/s41598-020-61562-6](https://doi.org/10.1038/s41598-020-61562-6)
5. Mordvintsev A., Randazzo E., Niklasson E., Levin M. Growing Neural Cellular Automata. *Distill*. 2020. 5(2). P. E23.
6. Mordvintsev A., Niklasson E.  $\mu$ NCA: Texture Generation with Ultra-Compact Neural Cellular Automata. 2021. *arXiv preprint*, arXiv:2111.13545
7. Murray J. D. *Mathematical Biology II: Spatial Models and Biomedical Applications*. New York: Springer, 2001. vol. 3.
8. de Gomensoro Malheiros M., Fensterseifer H., Walter M. The leopard never changes its spots: realistic pigmentation pattern formation by coupling tissue growth with reaction-diffusion. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 2020. 39(4). P. 63:1–63:14.

## **РОЗШИРЕННЯ НАБОРУ ПІДТРИМУВАНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕНСОРІВ МОНІТОРИНГУ ДОБОВОЇ АКТИВНОСТІ ТА РІВНЯ ВТОМИ В ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

**Щетинін Д., [schetinin.d@gmail.com](mailto:schetinin.d@gmail.com),**

**Пантелеймонов А., [a.panteleymonov@gmail.com](mailto:a.panteleymonov@gmail.com),**

**Козлюк О., [emk160ik@gmail.com](mailto:emk160ik@gmail.com),**

*Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України*

Застосунки для оцінки фізіологічного стану людини зазвичай базуються на аналізі варіабельності серцевого ритму (синусової аритмії). Існує широкий спектр моніторів серцевого ритму, які розрізняються за будовою і складністю, але з практичної точки зору можна виділити три основні типи моніторів серцевого ритму (в порядку зниження точності вимірювання): холтерівський, на нагрудному ремені та на зап'ясті. І якщо другий та особливо перший варіанти не є зручними для повсякденного використання, то пульсометри, що базуються на фотоплетизмографії, є зручними і за останні роки суттєво покращили свої технічні характеристики. Наразі стало можливим вимірювати досить точно показники серцевого ритму людини, рівень насиченості крові киснем, і навіть робити приблизні графіки ЕКГ (у одному відведенні). За допомогою алгоритмів, що раніше використовувались лише у спортивних протоколах, зараз можна визначити рівень тренуваності людини та рівні частоти серцевих скорочень (ЧСС) [1]. Відштовхуючись від діаграми ЧСС конкретної людини, можливо розробити індивідуальну програму тренувань або лікувальної фізкультури для людей різного віку (приклад розподілу RR-інтервалів відображений на рис. 1). У доповіді розглядаються різні аспекти розробки власного комплексу аналізу добової активності користувача в залежності від віку, рівня тренуваності, ваги тіла, зросту тощо [2]. Також наводяться приклади створення сучасного REST-API серверного застосунка [3], що дозволяє завантажувати і відображати специфічні дані добової, тижневої та інших інтервальних активностей. Приклади виклика до REST-API відображені на рис. 2 та рис. 3.



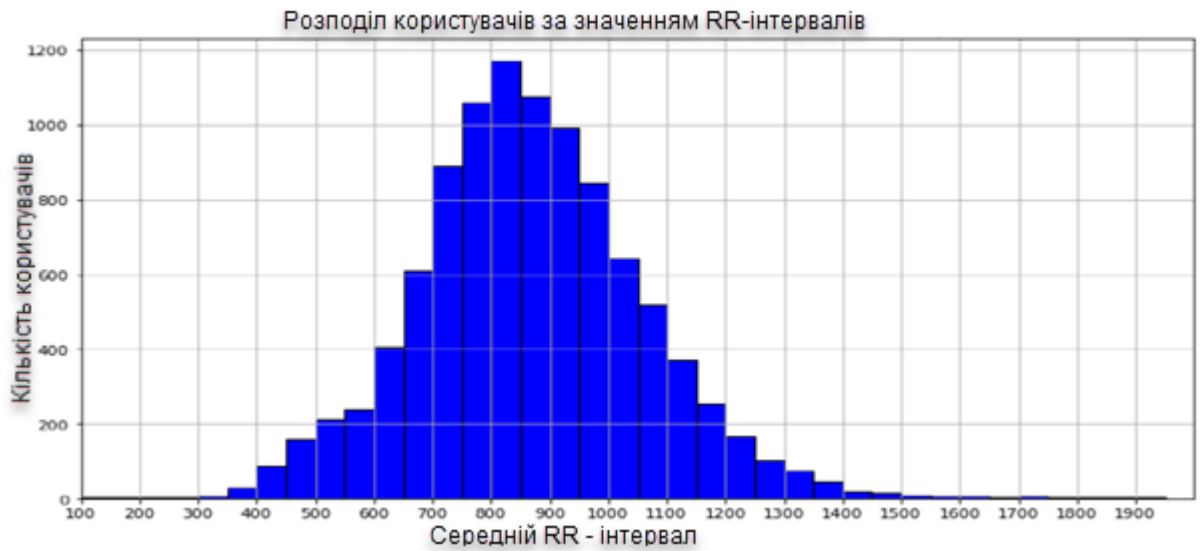


Рис. 1. Розподіл користувачів за значенням RR-інтервалів

```
Code samples

# You can also use wget
curl -X GET https://localhost:8443/v3/users/{user-id}/exercise-transactions/{transaction-id} \
-H 'Accept: application/json' \
-H 'Authorization: Bearer {access-token}'
```

Рис. 2. Приклад REST-запиту веб-сервіса, щодо зон ЧСС користувача

```
200 Response

{
  "zone": [
    {
      "index": 1,
      "lower-limit": 110,
      "upper-limit": 130,
      "in-zone": "PT4S"
    }
  ]
}
```

Рис. 3. Відповідь REST-сервіса з даними порогових значень ЧСС зони  
PT4S

### Список використаних джерел

1. Петрухин В. А., Погребняк Ю. О., Рузов А. О., Тараймович А. О., Шайхлисламов С. Х., Артемьева М. М., Даньшин А. А. Мониторинг функциональных и адаптивных резервов организма человека. *Компьютерная математика*. 2013. №2. С. 105-114.
2. Петрухин В. А., Шайхлисламов С. Х. Применение программы cardiomood для определения функционального состояния спортсмена. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском и адаптивном спорте. 2017. С. 182-196.
3. Gough J., Bryant D., Auburn M. Mastering API Architecture: Design, Operate, and Evolve API-Based Systems. 2022. 286 p.

## ДЕЯКІ АЛГЕБРАЇЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІМОВІРНОСТЕЙ RX-ДИФЕРЕНЦІАЛІВ БУЛЕВИХ ВІДОБРАЖЕНЬ

Яковлєв С., [yasv@rl.kiev.ua](mailto:yasv@rl.kiev.ua)

*ННФТІ КПІ ім. Ігоря Сікорського*

**Вступ.** ARX-криптосистеми будуються на основі виключно простих операцій, доступних на рівні інструкцій обчислювальних процесорів: модульного додавання, побітового додавання, циклічних зсувів тощо. Через просту реалізацію та надвисоку швидкість роботи такі криптосистеми стали важливою частиною так званої «легкої криптографії» (lightweight cryptography) – напрямку, присвяченому розробці надійних алгоритмів для малоресурсних пристроїв та Інтернету речей.

Розвиток методів диференціального криптоаналізу ARX-криптосистем почався з роботи [1], у якій вперше було одержано аналітичні, ефективно обчислювальні вирази для імовірностей диференціалів модульного додавання. Алгебраїчна структура ARX-систем призвела до появи специфічного типу криптоаналізу – оберտального криптоаналізу [2], який досліджує особливості зміни пар текстів, які відрізняються циклічним зсувом, під час виконання обчислень. Нарешті, у роботі [3] було запропоновано комбінований метод атаки на ARX-системи – диференціально-обертальний криптоаналіз (RX-аналіз).

У даній роботі розглядаються деякі алгебраїчні властивості імовірностей RX-диференціалів булевих функцій, які дозволяють спростити аналіз ARX-криптосистем, зокрема, одержувати аналітичні вирази для імовірностей диференціалів та пар обертання через відповідні вирази для RX-диференціалів.

**Необхідні терміни та позначення.** Нехай  $V_n = \{0,1\}^n$ . Кожен елемент  $x \in V_n$  розглядається як двійковий вектор та як двійковий запис певного цілого невід’ємного числа з інтервалу від 0 до  $2^n - 1$ .

Символами « $\lll$ » та « $\ggg$ » позначаються циклічні зсуви векторів. Для вектору  $x \in V_n$  позначимо його циклічний зсув на  $r$  позицій як  $x^r = x \lll r$ . Зауважимо, що у введених позначеннях справедливі співвідношення

$$x^{-r} = x \gg r \equiv x^{n-r} \text{ та } x^n = x.$$

Нехай  $f: V_n \times V_n \rightarrow V_n$  – деяке ARX-перетворення від двох змінних.

*Диференціал*  $f$  – довільна трійка векторів  $(\alpha, \beta \rightarrow \gamma)$ , які трактуються як різниці (за операцією  $\oplus$ ) між парами вхідних та вихідних значень  $f$ . *Імовірність диференціалу*  $(\alpha, \beta \rightarrow \gamma)$  перетворення  $f$  визначається як

$$xdr^f(\alpha, \beta \rightarrow \gamma) = \Pr_{x,y}\{f(x \oplus \alpha, y \oplus \beta) = f(x, y) \oplus \gamma\}.$$

*Пара обертання (на величину  $r$ )* – пара векторів  $(x, x^r)$ , де  $x \in V_n$  може бути довільним вектором. Якщо ми розглядаємо систему з двох векторів  $(x, y)$ , то парою обертання буде вважатись  $((x, y), (x^r, y^r))$ ; аналогічно визначаються пари обертання для кортежів векторів більшого розміру. *Імовірність проходження пари обертання* через перетворення  $f$  визначається як

$$rp^f(r) = \Pr_{x,y}\{f(x^r, y^r) = (f(x, y))^r\}.$$

*Узагальнений диференціал*, або *RX-диференціал*, перетворення  $f$  – набір  $(r; \alpha, \beta \rightarrow \gamma)$ , який комбінує пари обертання із різницями. *Імовірність RX-диференціалу*  $(r; \alpha, \beta \rightarrow \gamma)$  перетворення  $f$  визначається як

$$xrp^f(r; \alpha, \beta \rightarrow \gamma) = \Pr_{x,y}\{f(x^r \oplus \alpha, y^r \oplus \beta) = (f(x, y))^r \oplus \gamma\}.$$

Імовірності  $xdr^f$  є параметрами стійкості перетворення  $f$  до диференціального криптоаналізу,  $rp^f$  – до обертального криптоаналізу, а  $xrp^f$  – до диференціально-обертального криптоаналізу.

Зауважимо, що  $rp^f(r) = xrp^f(r; 0, 0 \rightarrow 0)$ , тому імовірність  $rp^f$  можна розглядати як частковий випадок  $xrp^f$ . Так само  $xdr^f$  можна розглядати як частковий випадок  $xrp^f$  при  $r = 0$ .

**Основні результати.** Наступна теорема та її наслідки описують, як змінюються імовірності  $xrp$  при лінійних зсувах на вході та/або на виході ARX-перетворення.

**Теорема 1.** Нехай  $f: V_n \times V_n \rightarrow V_n$  – довільне відображення,  $\Delta_x, \Delta_y, \Delta \in V_n$  – довільні вектори і  $g(x, y) := f(x \oplus \Delta_x, y \oplus \Delta_y) \oplus \Delta$ . Тоді для довільних  $\alpha, \beta, \gamma \in V_n, r \in \mathbb{Z}_n$  справедливе таке співвідношення:

$$xrp^g(r; \alpha, \beta \rightarrow \gamma) = xrp^f(r; \alpha \oplus \Delta_x \oplus \Delta_x^r, \beta \oplus \Delta_y \oplus \Delta_y^r \rightarrow \gamma \oplus \Delta \oplus \Delta^r).$$

Зауважимо, що твердження Теорема 1 справедливе для перетворень не тільки від двох вхідних аргументів, а й від довільної їх кількості.

**Наслідок 1.** У позначеннях Теорема 1 справедливі співвідношення

$$\begin{aligned} xdp^g(\alpha, \beta \rightarrow \gamma) &= xdp^f(\alpha, \beta \rightarrow \gamma), \\ rp^g(r) &= xrp^f(r; \Delta_x \oplus \Delta_x^r, \Delta_y \oplus \Delta_y^r \rightarrow \Delta \oplus \Delta^r). \end{aligned}$$

**Наслідок 2.** Нехай  $f: V_n \times V_n \rightarrow V_n$  – довільне відображення. Якщо відображення  $g$  описується однією з таких форм:

- 1)  $g(x, y) = f(\bar{x}, \bar{y})$ ,
- 2)  $g(x, y) = \neg f(x, y)$ ,
- 3)  $g(x, y) = f^*(x, y) = \neg f(\bar{x}, \bar{y})$  – двоїста до  $f$  функція,

то для довільних значень  $\alpha, \beta, \gamma \in V_n, r \in \mathbb{Z}_n$  імовірності  $xdp^g(\alpha, \beta \rightarrow \gamma), rp^g(r)$  та  $xrp^g(r; \alpha, \beta \rightarrow \gamma)$  співпадають із імовірностями  $xdp^f(\alpha, \beta \rightarrow \gamma), rp^f(r)$  та  $xrp^f(r; \alpha, \beta \rightarrow \gamma)$  відповідно.

**Приклади застосування.** а) Нехай  $f(x, y) = (x + y) \bmod 2^n$ . Двоїстою функцією до  $f$ , як нескладно переконатись, буде  $f^*(x, y) = (x + y + 1) \bmod 2^n$ . Згідно з Наслідком 2,  $f$  та  $f^*$  мають однакові розподіли імовірностей диференціалів та пар обертання. Цей результат дещо контрінтуїтивний, оскільки додавання констант у ARX-перетвореннях є поширеним інструментом для підвищення стійкості до обертового криптоаналізу; однак у даному випадку додавання константи 1 не змінює стійкість операції модульного додавання взагалі.

б) Нехай  $f(x, y)$  є оберально-інваріантним відображенням, тобто для довільних  $x, y$  виконується  $f(x^r, y^r) = (f(x, y))^r$ . До відображень такого типу відносяться, наприклад, довільні комбінації побітових операцій із циклічними зсувами аргументів. Неважко довести, що для таких відображень справедливо

$$xrp^f(r; \alpha, \beta \rightarrow \gamma) = xdp^f(\alpha^{-r}, \beta^{-r} \rightarrow \gamma^{-r}), \quad rp^f(r) = 1.$$

Однак, якщо розглянути відображення  $g(x, y) := f(x \oplus \Delta_x, y \oplus \Delta_y) \oplus \Delta$ , яке в загальному випадку вже не буде оберально інваріантним, з Теорема 1 та

Наслідку 1 можна одержати, що  $rp^g(r) = xdp^f(\Delta_x \oplus \Delta_x^r, \Delta_y \oplus \Delta_y^r \rightarrow \Delta \oplus \Delta^r)$ . Відповідно, для даного класу відображень з'являється неочікуваний зв'язок між диференціалами та парами обертання.

**Висновки.** У роботі було одержано аналітичні вирази для імовірностей RX-диференціалів булевих відображень під час лінійних зсувів входів. Показано, що для деяких класів зсувів (в першу чергу, інверсії бітів) розподіл імовірностей диференціалів та пар обертання не змінюється та, відповідно, деякі випадки додавання констант у вузлах ARX-криптосистем не збільшують їх стійкість до обертого криптоаналізу. Для поширеного класу обертого-інваріантних відображень та їх модифікацій продемонстровано зв'язок між диференціалами та парами обертань.

Одержані результати можуть бути використані при аналізі криптографічної стійкості ARX-криптосистем та розробці нових надійних криптографічних алгоритмів, придатних для застосування у малоресурсних пристроях.

#### Список використаних джерел

1. Lipmaa H., Moriai S. Efficient Algorithms for Computing Differential Properties of Addition. *Fast Software Encryption*. Springer Berlin Heidelberg, 2002. P. 336-350.
2. Khovratovich D., Nikolic I. Rotational Cryptanalysis of ARX. *Fast Software Encryption*. Springer Berlin Heidelberg, 2010. P. 333-346.
3. Ashur T., Liu Y. Rotational Cryptanalysis in the Presence of Constants. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*. ePrint Archive, Report 2016/826. URL: <https://eprint.iacr.org/2016/826.pdf>