

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

INFORMATION TECHNOLOGY: COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING AND CYBER SECURITY

Випуск 3



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:

Удовик Ірина Михайлівна, кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна.

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Алексєєв Михайло Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Бердник Михайло Геннадійович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Кабак Леонід Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Корнієнко Валерій Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки інформації та телекомунікацій, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Корченко Анна Олександрівна, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри безпеки інформаційних технологій, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Лактіонов Іван Сергійович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Литвин Василь Володимирович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем та мереж, Національний університет «Львівська політехніка», Україна;

Любченко Віра Вікторівна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри системного програмного забезпечення, Одеський національний політехнічний університет, Україна;

Маттіас Реч, Ph.D, професор, кафедра мехатроніки, Університет Ройтлінгену, Німеччина;

Молоканова Валентина Михайлівна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри системного аналізу та управління, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Мороз Борис Іванович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна;

Мулеса Оксана Юріївна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних систем та мереж, Ужгородський національний університет, Україна;

Рак Тарас Євгенович, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій, ПЗВО «ІТ СТЕП Університет», Україна;

Савенко Олег Станіславович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем, декан факультету інформаційних технологій, Хмельницький національний університет, Україна;

Семенов Сергій Геннадійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Україна;

Сироткіна Олена Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент школи комп'ютерних наук, Віндзорський університет, Канада;

Швачич Геннадій Григорович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна.

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») за спеціальностями F2 – Інженерія програмного забезпечення, F3 – Комп'ютерні науки, F7 – Комп'ютерна інженерія, F4 – Системний аналіз та наука про дані, F5 – Кібербезпека та захист інформації відповідно до наказів МОН України № 735 (додаток № 4) від 29.06.2021 р. та № 491 (додаток № 3) від 27.04.2023 р.

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 865 від 21.03.2024 року.

Ідентифікатор медіа: R30-03442

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (просп. Дмитра Яворницького, буд. 19, м. Дніпро, 49005, ntu@ntu.org.ua, (056) 744-73-39).

Періодичність: 4 рази на рік.

Мови видання: українська, англійська, німецька, польська, іспанська, французька, болгарська.

Офіційний сайт видання: www.journals.politehnica.dp.ua/index.php/it

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

ISSN 2786-507X (Print)

ISSN 2786-5088 (Online)

© Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2025

УДК 004.8:351.78:37.091.3

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2025-3-21>

Ольга СМОТР

кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, Україна, 79000

ORCID: 0000-0003-2767-5019

Scopus-Author ID: 57204557554

Тарас РАК

доктор технічних наук, доцент, професор ПЗВО «ІТ СТЕП Університет», вул. Замарстинівська, 83а, м. Львів, Україна, 79019

ORCID: 0000-0003-0744-2883

Scopus-Author ID: 57189380158

Олександр ТИМЧЕНКО

доктор технічних наук, професор, професор кафедри систем віртуальної реальності, НУ «Львівська Політехніка», вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79000

ORCID: 0000-0001-6315-9375

Scopus-Author ID: 57205173739

Бібліографічний опис статті: Смотри, О., Рак, Т., Тимченко, О. (2025). Формалізована модель адаптивного навчання фахівців цивільного захисту на основі аналізу тенденцій застосування штучного інтелекту. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 172–181, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2025-3-21>

ФОРМАЛІЗОВАНА МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ ФАХІВЦІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ТЕНДЕНЦІЙ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У контексті технологічної трансформації освітнього процесу та зростання загроз техногенного, природного й військового характеру, особливо в умовах повномасштабної війни в Україні, постає потреба в ефективній інтеграції штучного інтелекту (ШІ) у підготовку фахівців цивільного захисту. Попри значний потенціал ШІ у сфері освітньої аналітики, моделювання кризових сценаріїв та автоматизації ухвалення рішень, його впровадження супроводжується низкою ризиків: алгоритмічні упередження, кіберзагрози, зниження критичного мислення та питання відповідальності. Необхідно розробити науково обґрунтовані підходи впровадження ШІ-технологій у систему підготовки рятувальників, з огляду на ефективність, безпеку та адаптивність до динамічних загроз ШІ.

Мета. Визначити оптимальні підходи до інтеграції штучного інтелекту у підготовку фахівців цивільного захисту в Україні в умовах війни, оцінити його вплив на освітній процес та розробити науково-обґрунтовані рекомендації щодо безпечного та ефективного використання ШІ в освітніх програмах.

Методи. Для досягнення поставленої мети в даній роботі використано поєднання якісних і кількісних методів дослідження. А саме, методи наукових досліджень, зокрема систематичний огляд та аналіз наукових статей, галузевих звітів та нормативно-правової бази, методи порівняння результатів та методи синтезу результатів. Метод форсайт-аналізу, метод SWOT-аналізу, моделювання сценаріїв.

Основні результати дослідження. Запропоновано концептуально-математичну модель, яка дозволяє формувати персоналізовані навчальні траєкторії для здобувачів, максимізуючи приріст ключових компетенцій. Продемонстровано приклад розрахунку для умовного здобувача, який показав ефективність ШІ у підвищенні рівня підготовки.

Висновки. Інтеграція ШІ в підготовку фахівців цивільного захисту є перспективним напрямом, який сприяє підвищенню якості освіти та оперативності реагування. Однак необхідні подальші дослідження для верифікації моделі, забезпечення етичного використання ШІ та створення нормативної бази для його впровадження.

Ключові слова: штучний інтелект, цивільний захист, адаптивне навчання, трендова аналітика, персоналізовані навчальні траєкторії.

Olga SMOTR

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Information Technologies and Electronic Communications Systems, Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska Str., Lviv, Ukraine, 79000, olgasmotr@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2767-5019

Scopus-Author ID: 57204557554

Taras RAK

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at IT STEP University, 83a, Zamartsevskya Str., Lviv, Ukraine, 79019, rak.taras74@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0744-2883

Scopus-Author ID: 57189380158

Oleksandr TYMCHENKO

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Virtual Reality Systems, Lviv Polytechnic National University, 12, Stepan Bandera Str., Lviv, Ukraine, 79000, alextymchenko53@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6315-9375

Scopus-Author ID: 57205173739

To cite this article: Smotr, O., Rak, T., Tymchenko, O. (2025). Formalizovana model adaptivnoho navchannia fakhivtsiv tsyvilnoho zakhystu na osnovi analizu tendentsii zastosuvannia shuchnoho intelektu [Formalized model of adaptive training of civil protection specialists based on trend analysis in the application of artificial intelligence]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 172–181, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2025-3-21>

FORMALIZED MODEL OF ADAPTIVE TRAINING OF CIVIL PROTECTION SPECIALISTS BASED ON TREND ANALYSIS IN THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

In the context of the technological transformation of the educational process and the growth of man-made, natural, and military threats, especially in the conditions of full-scale war in Ukraine, there is a need for the effective integration of artificial intelligence (AI) into the training of civil protection specialists. Despite the significant potential of AI in the field of educational analytics, crisis scenario modeling, and decision-making automation, its implementation is accompanied by a number of risks: algorithmic bias, cyber threats, a decline in critical thinking, and issues of responsibility. It is necessary to develop scientifically sound approaches to the implementation of AI technology in the training system for rescuers, taking into account the effectiveness, safety, and adaptability to dynamic threats of AI.

Purpose. To identify optimal approaches to integrating artificial intelligence into the training of civil protection specialists in Ukraine in wartime conditions, assess its impact on the educational process, and develop scientifically sound recommendations for the safe and effective use of AI in training.

Methods. To achieve the set goal, this work uses a combination of qualitative and quantitative research methods. Namely, scientific research methods, in particular, a systematic review and analysis of scientific articles, industry reports, and the regulatory framework, methods of comparing results, and methods of synthesizing results. Foresight analysis method, SWOT analysis method, scenario modeling.

Results. A model is proposed that allows the formation of personalized learning trajectories for applicants, maximizing the growth of key competencies. An example of a calculation for a hypothetical applicant is demonstrated, showing the effectiveness of AI in improving the level of training.

Conclusions. The integration of AI into the training of civil protection specialists is a promising direction that contributes to improving the quality of education and the speed of response. However, further research is needed to verify the model, ensure the ethical use of AI, and create a regulatory framework for its implementation.

Key words: artificial intelligence, civil protection, adaptive learning, personalized learning pathways, trend analysis.

Постановка проблеми. Аналіз останніх років показує стабільно значну кількість надзвичайних ситуацій (НС) природного характеру як у світі, так і в Україні (CRED, 2025). У зв'язку зі зростанням кількості населення, густини заселеності деяких регіонів планети, зростанням

кількості та складності виробництв різного характеру, такі події часто спричиняють складні техногенні аварії та катастрофи, вплив яких може виходити за кордони однієї країни і призводити до значної кількості постраждалих, суттєвих і навіть катастрофічних економічних

збитків для однієї або кількох країн (наприклад, землетрус на Гаїті 2010 року, цунамі у Японії 2011 року). Попередження, ліквідація таких НС та їх наслідків вимагає залучення значних матеріальних і людських ресурсів, прийняття складних рішень в умовах обмеженого часу, невизначеності та неповноти інформації на тактичному та стратегічному рівнях. Це, в свою чергу, вимагає перегляду змісту і підходів до підготовки фахівців, які відповідають за попередження виникнення, підготовку до та ліквідацію НС і їх наслідків. Освітні програми для підготовки фахівців сфери цивільного захисту повинні враховувати турбулентність сучасного світу, інтегрувати в собі сучасні методи та технології для аналізу і ліквідації НС та враховувати сучасні тенденції освіти, науки і технологій. При цьому, освітні програми повинні систематично переглядатись, змінюватись і адаптуватись для актуалізації змісту, відповідності технологічному та соціальному розвитку суспільства з урахуванням тенденцій і потенційних ризиків в коротко-терміновій та середньотерміновій перспективі.

Одним з найбільш яскравих викликів останніх років для освіти загалом є генеративний штучний інтелект (ГШІ), який стрімко увірвався у сферу освіти після появи моделей на зразок ChatGPT наприкінці 2022 року. За останні роки спостерігається вибухове зростання використання ГШІ у закладах освіти по всьому світу. Вже восени 2023 року майже половина студентів і близько 22% викладачів регулярно користувалися інструментами типу ChatGPT (Coffey, 2023). Крім того, ШІ-асистенти можуть зняти частину рутинного навантаження з викладачів, автоматизуючи пошук інформації чи складання чернеток матеріалів (Смотр, Карабин, Лоза, 2024). Усе це потенційно трансформує зміст і методи освітніх програм: більше уваги переноситься на творчі та аналітичні завдання, де цінність викладача доповнюється можливостями ШІ.

Водночас існують і суттєві ризики та загрози. Перш за все це виклики для академічної доброчесності: можливість легко отримати готовий текст від ШІ спонукає деяких студентів видавати таку роботу за власну. Викладачі стурбовані, що надмірна опора на ГШІ може послабити у студентів здатність самостійно критично мислити (Batista, Mesquita, Carnaz, 2024). У глобальному контексті також постала проблема упередженості й надійності: сучасні великі мовні моделі (LLM) навчаються на інтернет-даних, які відображають цінності та домінуючі норми розвинутих країн. Реакція освітньої спільноти різнилась: деякі університети тимчасово забороняли використання ChatGPT,

інші навпаки заохочують навчатися співпраці з ним. Світовий тренд схиляється до інтеграції ГШІ з розумними обмеженнями. Згідно з дослідженнями, більшість студентів вважає, що їх слід навчати правильному використанню ШІ, а не просто забороняти його (Batista, Mesquita, Carnaz, 2024). Дійсно, 75% викладачів, які знайомі з ШІ, погоджуються, що для успішної кар'єри студенти мають оволодіти навичками роботи з генеративним ШІ (CRED, 2025). Як наслідок, багато інституцій почали розробляти політики та рекомендації щодо використання ГШІ в освітньому процесі. ШІ залишиться в освіті, і завдання університетів – навчити користуватися ним відповідально та ефективно.

ГШІ привніс в освіту значні зміни, і сфера підготовки фахівців з надзвичайних ситуацій – не виняток. Світові тенденції свідчать, що ГШІ стрімко інтегрується в навчальний процес: від допомоги у виконанні завдань до глибокої трансформації форм і методів навчання. Переваги його використання очевидні – персоналізація навчання, багатство нових навчальних матеріалів, реалістичні симуляції та автоматизація рутини – усе це підвищує ефективність і гнучкість освіти. Освітня вже експериментує із впровадженням ChatGPT як інтерактивного помічника у навчанні, а спеціальні ШІ-платформи моделюють екстрені виклики чи управлінські ігри, готуючи студентів до реальних викликів (Smotr, Karaby, Malets, Golovaty, 2024).

Для сфери цивільного захисту розвиток генеративного ШІ означає також необхідність оновлення освітніх програм. Випускники повинні бути обізнані з сучасними ШІ-системами, що застосовуються в прогнозуванні і реагуванні на НС, та вміти їх застосовувати. Це вимагає включення нових тем та цілих напрямків (ШІ в управлінні надзвичайними ситуаціями, аналіз даних, кібербезпека тощо) і міждисциплінарної підготовки.

В умовах зростаючих загроз техногенного, природного та воєнного характеру, особливо в контексті повномасштабної війни в Україні, ефективність і швидкість реагування на НС набувають критичного значення. Інтеграція ШІ у освітній процес може стати фактором інтенсифікації у формуванні компетентностей майбутніх рятувальників, однак залишаються відкритими питання її ефективності, етичних аспектів та безпекових викликів.

Враховуючи зазначені виклики, необхідно розробити науково обґрунтовані підходи впровадження ШІ-технологій у систему підготовки рятувальників, виходячи з критеріїв ефективності, безпеки та адаптивності до динамічно змінюваних загроз. Дослідження має зосередитися

на формуванні науково-обґрунтованих рекомендацій щодо адаптивного навчання фахівців цивільного захисту на основі аналізу тенденцій і оптимального використання штучного інтелекту у сфері цивільного захисту в умовах сучасних викликів.

Мета дослідження. Визначити оптимальні підходи до інтеграції штучного інтелекту у підготовку фахівців цивільного захисту в Україні, зокрема, в умовах війни, оцінити його вплив на освітній процес та розробити науково-обґрунтовані рекомендації щодо безпечного та ефективного використання ШІ в освітніх програмах.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в даній роботі використано поєднання якісних і кількісних методів дослідження. Зокрема: системний огляд та аналіз наукових статей, галузевих звітів та нормативно-правової бази, методи порівняння результатів та методи синтезу результатів. Метод форсайт-аналізу, метод SWOT-аналізу, моделювання сценаріїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міжнародний досвід впровадження ШІ у процес підготовки спеціалістів рятувальних служб засвідчує широкий спектр різноманітних сфер застосування ШІ як у процесі набуття нових знань, так і підвищення наявної кваліфікації, розширення можливостей фахівців служб реагування на НС. Ключові публікації та ініціативи, які досліджують інтеграцію ШІ в цій галузі, можна розділити за такими напрямками: ШІ в аварійно-рятувальній техніці; ШІ для гуманітарних місій; ШІ у системі підготовки рятувальників; ШІ у рятувальних операціях на воді; глобальні ідеї щодо впровадження штучного інтелекту в освіту.

Так у роботі (Chan, Lee, Zeng, Yeo, Tan, Wang, Lee, Chatterjee, Noller, Agus, Khan, Thahir, Elara, Ang, Anariba, 2024) авторами висвітлено дослідження, проведене за участі 95 осіб, в рамках трансдисциплінарного семінару STEAMxD (STEAM = Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, D = Design Thinking). Фокус дослідження був спрямований на вивчення та демонстрацію потенціалу ШІ в підготовці майбутніх фахівців до роботи на роботизованій аварійно-рятувальній техніці та реагуванні на стихійні лиха.

Дослідницький проект (Gözalan, John, Lübcke, Maier, Reimann, Richter, Zverev, 2020), присвячений допомозі морському пошуково-рятувальному персоналу (SAR) штучним інтелектом, підкреслив розробку орієнтованих на користувача систем для підтримки радіозв'язку. Ця ініціатива демонструє застосування ШІ для

підвищення оперативної ефективності та безпеки в сценаріях рятувальних робіт на морі.

Дослідження (Kohler, Scharte, 2020; Hauri, Kohler, Roth, Käser, Prior, Scharte, 2020; Kohler, 2021), підготовлені Центром досліджень безпеки (CSS) при ETH Zürich на замовлення Федерального офісу цивільного захисту Швейцарії (FOCP) та Федеральної комісії з ядерного, біологічного та хімічного захисту Швейцарії (ComNBC), присвячені аналізу та стратегічному передбаченню ключових соціальних, технологічних, зокрема ШІ, та екологічних трендів, які впливатимуть на систему цивільного захисту Швейцарії до 2030 року з метою покращення підготовки фахівців цивільного захисту та удосконалення процесів підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності.

Робота (Berntzen, Sørensen, Johannessen, Nielsen, Sandberg, Carlström, Khorram-Manesh, 2025) є частиною проекту Erasmus+ "Tele-Training in Crisis Management" та зосереджена на дослідженні використання ШІ, зокрема ChatGPT, для покращення навчання з управління НС. У роботі показано, як інструменти на основі ШІ, такі як ChatGPT, можуть створювати динамічні навчальні середовища для трансформованих груп реагування на НС. У роботі (Smotr, Karabyn, Malets, Golovaty, 2024) автори розглядають, як, використовуючи інструментарій сучасних ІТ-технологій, гейміфікувати навчальний процес відповідно до специфіки освітнього контенту та підвищення мотивацію студентів до навчання.

Проведений огляд літературних джерел дозволяє зробити висновок, що ШІ та інструменти з його інтеграцією мають значний потенціал для трансформації підготовки фахівців цивільного захисту, зокрема через інтеграцію в освітні програми, симуляції, операційні процеси та стратегічне прогнозування. Однак, очевидно є необхідність створення чіткої стратегії для інтеграції ШІ в підготовку фахівців ЦЗ.

Виклад основного матеріалу. На основі аналізу літературних джерел, що охоплюють як стратегічні звіти, так і прикладні дослідження щодо впровадження ШІ в освіту та сферу цивільного захисту, було виявлено необхідність системного підходу до формування компетентностей майбутніх фахівців у цій галузі. Інтеграція ШІ у професійну підготовку не повинна зводитися виключно до технічного опанування інструментів, а має передбачати розвиток аналітичного мислення, здатності до роботи в умовах невизначеності, дотримання етичних стандартів та здатності до міждисциплінарної взаємодії.

З метою систематизації складних взаємозв'язків між ключовими трендами (цифровізація, урбанізація, кліматичні зміни тощо) (Hauri, Kohler, Roth, Käser, Prior, Scharte, 2020), що формують нові виклики у сфері цивільного захисту, та відповідними компетенціями, які мають бути сформовані у фахівців цієї галузі, було створено інфографіку (рис. 1) у вигляді таблиці відповідності. Вона демонструє, які саме знання, навички та установки мають бути сформовані у здобувачів освіти залежно від впливу кожного тренду (ШІ, цифровізація, кліматичні зміни, мобільність тощо). Зокрема, тренди, пов'язані з ШІ та цифровізацією, зумовлюють потребу в оволодінні основами машинного навчання, цифрової грамотності, управління ризиками та кризовими комунікаціями. Водночас соціальні тренди, такі як демографія чи економіка спільного користування, актуалізують компетенції з інклюзивності, роботи з вразливими групами та логістики.

Традиційні підходи до побудови навчальних програм, що базуються на стандартизованому змісті та фіксованих компетенціях, виявляються недостатньо гнучкими для ефективної відповіді на нові виклики. Одним із ключових викликів є здатність освітньої системи своєчасно реагувати на зміну профілю ризиків, враховуючи стратегічні тренди, такі як цифровізація, автоматизація, зміна клімату, урбанізація, використання безпілотних систем, зростання складності НС тощо. Очевидно, що ШІ відкриває нові можливості для створення адаптивних освітніх траєкторій, орієнтованих на індивідуальні потреби здобувачів, реальний рівень їхньої підготовки та сценарні прогнози розвитку ситуацій.

Водночас впровадження ШІ в освітній процес повинно базуватись на формалізованих моделях, що враховують як стратегічну важливість компетенцій у контексті глобальних трендів, так і механізми персоналізованого навчання. Саме така інтеграція дозволяє підвищити адаптивність та ефективність підготовки фахівців у сфері цивільного захисту.

З метою обґрунтування рішень щодо інтеграції ШІ в освітні програми було розроблено концептуально-математичну модель, яка дозволяє враховувати адаптивність навчальних модулів, ефективність їхнього впливу на формування компетенцій, а також прогнозувати потреби в підготовці фахівців залежно від зміни ризикового профілю з урахуванням стратегічних трендів.

Методологія побудови моделі. Методологічною основою нашого дослідження було поєднання принципів стратегічного форсайт-аналізу (foresight analysis) у сфері цивільного захисту з підходами адаптивного навчання з використанням ШІ. Запропонована концептуально-математична модель розроблена як двофакторна система, що поєднує: оцінку впливу зовнішніх трендів на необхідні професійні компетентності та оптимізацію навчальних траєкторій для здобувачів вищої освіти безпекового спрямування залежно від їхнього поточного рівня, прогнозованих сценаріїв ризику настання та перебігу НС та доступних навчальних ресурсів.

Загалом модель реалізована як система взаємодіючих блоків. Вхідними параметрами, якої є: тренди (Т), рівень ризику (R), профіль компетенцій (С), часовий горизонт прогнозу (τ) тощо, а цільова функція передбачає максимізацію відповідності між трендами та сформованими

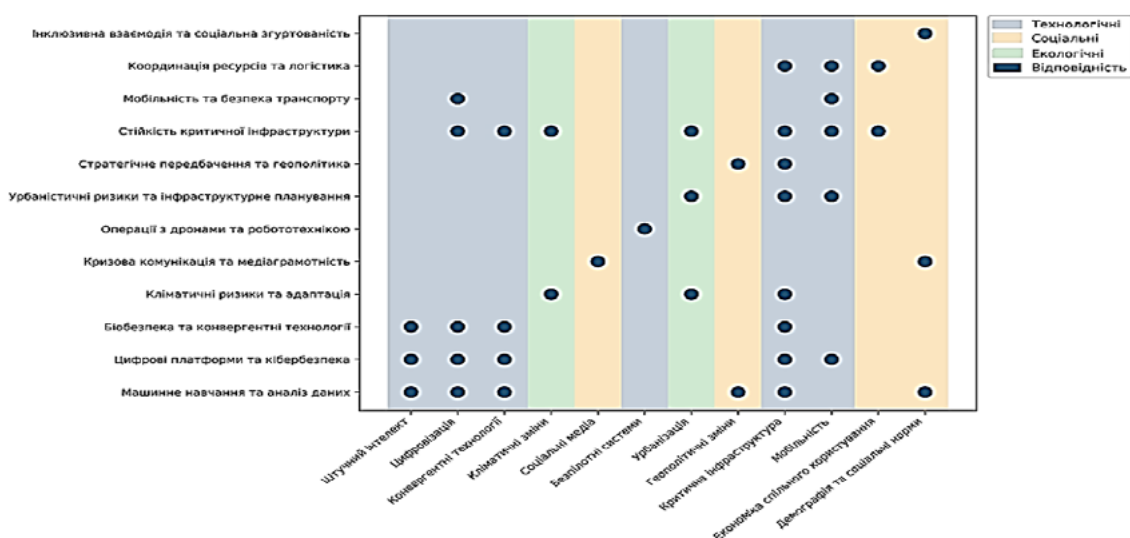


Рис. 1. Відповідність між трендами ЦЗ та компетентностями фахівців цієї галузі

компетентностями, з урахуванням обмежень на ресурси, початковий рівень підготовки здобувача та час.

Для кращого розуміння вхідних даних визначимо множини і змінні для нашої моделі:

– $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ – множина трендів цивільного захисту (наприклад, «Штучний інтелект», «Безпілотні системи (UAV/UGV)», «Кліматичні зміни» тощо) де k – кількість задекларованих трендів;

– $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ – множина здобувачів, де n – кількість здобувачів;

– $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ – множина компетенцій, необхідних для фахівців цивільного захисту (наприклад, «Оцінка ризиків», «Керування ресурсами» тощо), де m – кількість компетенцій;

– $M = \{m_1, m_2, \dots, m_p\}$ – множина навчальних модулів (наприклад, «Аналіз ризиків», «Реагування на НС», «Прогнозування криз»), де p – кількість модулів;

– $R = \{r_1, r_2, \dots, r_l\}$ – множина сценаріїв НС, де l – загальна кількість сценаріїв;

$P_{s_i} = p_{s_{i,1}}, p_{s_{i,2}}, \dots, p_{s_{i,1,m}}$ – вектор початкового рівня підготовки здобувача s_i за кожною компетенцією з множини C (тобто кожен елемент вектора P_{s_i} – це значення $p_{s_{i,j}}$, яке показує, наскільки студент s_i володіє компетенцією s_j , де значення $p_{s_{i,j}} \in [0,1]$, де 0 – повна відсутність компетенції, а 1 – повне її освоєння, де $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, m$;

– $NT = \{nt_1, nt_2, \dots, nt_q\}$ – множина навчальних траєкторій, де кожна nt_i – це послідовність модулів для здобувача;

– $W_{trend} = [w_{t_i,c_j}]$ – матриця ваг впливу тренду t_i на компетенцію c_j , де значення ваг $w_{t_i,c_j} \in [0,1]$, де 0 – повна відсутність впливу тренду t_i , а 1 – тренд t_i максимально впливає на компетенцію c_j ;

– π_r – ймовірність реалізації сценарію r ;

– $w_j(r)$ – вага компетентності c_j для сценарію r ;

– $q(m,j)$ – вклад модуля m у розвиток компетенції c_j ;

– α – коефіцієнт ефективності ШІ персоналізації. Вказує на якість адаптації навчального процесу під конкретного здобувача освіти, тобто на якість аналітики і точність рекомендацій, які видає ШІ. Де α : $< 0,4$ – слабкий рівень персоналізації (система підбирає модулі погано, навчання майже не адаптоване); $0,4-0,7$ – середній рівень персоналізації (помірна адаптація); $0,7-0,9$ – високий рівень персоналізації; 1 – індивідуальний рівень адаптації.

Формування трендової матриці впливу. Перший етап моделі передбачає ідентифікацію ключових трендів, що впливають на сферу цивільного захисту (наприклад: використання

дронів, цифровізація, кліматичні ризики, демографічні зміни, інформаційна безпека, гібридні загрози тощо). Для кожного тренду $t_i \in T$ визначається його вплив на формування професійної компетентності $c_j \in C$, що відображається у вигляді матриці ваг впливу:

$$W_{trend} = [w_{t_i,c_j}], \quad w_{t_i,c_j} \in [0,1]. \quad (1)$$

Залучення експертів галузі дозволить здійснити якісне і кількісне наповнення цієї матриці.

Сценарне моделювання ризиків. На другому етапі вводиться множина потенційних сценаріїв НС $R = \{r_1, r_2, \dots, r_l\}$, кожному з яких приписується ймовірність реалізації π_r та множина ваг компетенцій $w_j(r)$, які будуть критичними для відповідного сценарію. Визначення $w_j(r)$ відбувається як агрегат впливів релевантних трендів:

$$w_j(r) = \sum_{t \in T(r)} \beta_{t_i} \cdot w_{t_i,c_j}, \quad (2)$$

де: – $w_j(r)$ – вага компетенції c_j для сценарію r ;
– $T(r) \subseteq T$ – підмножина трендів, релевантних для сценарію r ;

– β_{t_i} – інтенсивність тренду t_i в контексті сценарію r (експертна оцінка), що відображає силу впливу тренду на освітні потреби підготовки фахівців у заданому сценарії НС, задається відповідно до рівня важливості в діапазоні $[0, 1]$, де 0 – повна відсутність впливу тренду у контексті сценарію (наприклад, внесок тренду «Урбанізація» в сценарії НС «Катастрофа на морському судні» дорівнюватиме 0), а 1 – тренд є критично важливим для заданого сценарію (наприклад, внесок тренду «Штучний інтелект» у сценарії НС «Масова евакуація із застосуванням автономних систем» дорівнюватиме 1);

– w_{t_i,c_j} – вага впливу тренду t_i на компетенцію c_j (з матриці W_{trend}).

Побудова адаптивної освітньої траєкторії. На основі попереднього оцінювання рівня підготовки кожного студента $p_{s_{i,j}} \in [0,1]$, система ШІ формує персоналізовану траєкторію навчання шляхом вибору оптимального набору модулів $NT_s \subseteq M$. Мета – максимізувати очікуване зростання пріоритетних компетенцій у сценарному контексті:

$$\max_{NT_s} \sum_{r \in R} \pi_r \cdot \sum_{j=1}^m w_j(r) \cdot \Delta p_{s,j}, \quad (3)$$

де приріст компетентності:

$$\Delta p_{s,j} = \alpha \cdot (1 - p_{s,j}) \cdot \sum_{m \in NT_s} q_{m,j} \quad (4)$$

$1 - p_{s,j}$ – це «залишковий потенціал» для розвитку компетенції c_j ; $q_{m,j}$ – вклад модуля m

у розвиток компетентності c_p , а α – коефіцієнт ефективності ШІ персоналізації.

Обмеження та ресурсні умови. Оптимізація відбувається з урахуванням ресурсних обмежень, наприклад, загальної тривалості навчання, фінансового бюджету або логістичних бар'єрів:

$$\sum_{m \in NT_s} V_m \leq B_s, \quad (5)$$

де V_m – витрати на модуль m , а B_s – максимально допустимий бюджет для здобувача s .

$$\sum_{m \in NT_s} T_m \leq T_s, \quad (6)$$

де T_m – час на модуль m , а T_s – доступний час здобувача s .

Оцінювання ефективності навчання. Оновлений рівень компетентності:

$$p'_{s,j} = p_{s,j} + \Delta p_{s,j}, \quad (7)$$

де $p'_{s,j} \leq 1$.

Індивідуальна ефективність:

$$E(s) = \sum_{r \in R} \pi_r \cdot \sum_{j=1} w_j(r) \cdot p'_{s,j}. \quad (8)$$

Загальна ефективність освітньої програми:

$$E_{total} = \frac{1}{n} \sum_{s \in S} E(s). \quad (9)$$

Функція мінімізації відхилення між сформованими компетентностями та вимогами сценаріїв:

$$E_{total} = \frac{1}{n} \sum_{s \in S} E(s). \quad (10)$$

Для ілюстрації практичного застосування запропонованої та описаної вище концептуально-математичної моделі, розглянемо умовного студента з заданими параметрами навчального процесу. Це дозволить наочно

продемонструвати, як модель працює на конкретних даних, а також оцінити її здатність відображати реальні аспекти освітньої діяльності. Нижче наведено покроковий розрахунок навчальної траєкторії для умовного студента, що базується на його поточному рівні компетентностей, прогнозованому сценарії НС та доступних навчальних ресурсах.

Приклад розрахунку для умовного студента. Вхідні дані: Розглянемо умовного студента s_1 , який має певний початковий рівень сформованості ключових компетентностей, релевантних до реагування на надзвичайні ситуації. Зокрема, оцінено рівень його підготовки за трьома компетентностями: «Робота з БПЛА» – 0,30, «Аналіз ризиків» – 0,50 та «Прийняття рішень у НС» – 0,45.

У якості контексту для побудови навчальної траєкторії обрано сценарій надзвичайної ситуації r_1 – «Пошук постраждалих після обвалу», який має ймовірність реалізації $\pi_{r_1} = 0,6$. Для цього сценарію визначено ваги компетентностей, що відображають їхню значущість у відповідному контексті: «Робота з БПЛА» – 0,40, «Аналіз ризиків» – 0,30 та «Прийняття рішень у НС» – 0,35.

На основі цих даних система ШІ формує індивідуальну навчальну траєкторію, використовуючи доступні навчальні модулі. Кожен модуль характеризується вкладом у розвиток кожної з компетентностей та часовою вартістю (таблиця 1). У даному прикладі розглядаються три модулі: «Основи управління БПЛА», «Моделювання НС» та «Оцінка ризиків при ліквідації наслідків НС». Загальний бюджет часу на навчання обмежено 10 годинами, а коефіцієнт персоналізації ШІ становить $\alpha = 0,85$, що враховує індивідуальні особливості студента при формуванні рекомендацій.

Таблиця 1

Навчальні модулі пропонувані штучним інтелектом

Модулі m_p	$q_{m,j}$ (вклад у розвиток компетентності)	Бюджет (год)
M_1 – «Основи управління БПЛА»	[0,60; 0,10; 0,05]	6
M_2 – «Моделювання НС»	[0,10; 0,20; 0,60]	4
M_3 – «Оцінка ризиків при ліквідації наслідків НС»	[0,10; 0,50; 0,10]	5

Таблиця 2

Розрахунок приросту компетентностей

Компетенція c_i	$1 - c_i; p_{s_1,j}$	$\sum_{m \in NT_s} q_{m,j}$	$\Delta p_{s_1,j}$
Робота з БПЛА	0,70	0,60 (M1) + 0,10 (M2) = 0,70	$0,85 \times 0,70 \times 0,70 = 0,4165$
Аналіз ризиків	0,50	0,10 (M1) + 0,20 (M2) = 0,30	$0,85 \times 0,50 \times 0,30 = 0,1275$
Прийняття рішень у НС	0,55	0,05 (M1) + 0,60 (M2) = 0,65	$0,85 \times 0,55 \times 0,65 = 0,3039$

Таблиця 3

Оновлений рівень компетентностей $p'_{s1,j}$

Компетентність	Початковий рівень	Приріст Δp_{s1}	Оновлений рівень
Робота з БПЛА	0,30	0,4165	0,7165
Аналіз ризиків	0,50	0,1275	0,6275
Прийняття рішень у НС	0,45	0,3039	0,7539

Розрахунок приросту компетентностей. На основі вхідних даних та обмеження бюджету часу, модель обирає два навчальні модулі M_1 («Основи управління БПЛА») та M_2 («Моделювання НС»), сумарна тривалість яких становить 10 годин, що відповідає заданому обмеженню (загальні витрати = $6 + 4 = 10$ годин $\leq$ бюджету).

Для кожної компетентності обчислюється приріст за формулою (4). Результати розрахунку приросту компетентностей подано в таблиці 2.

Оновлений рівень компетентностей після проходження обраних модулів визначено за формулою (7) та подано у таблиці 3.

Загальна ефективність навчання студента s_1 у контексті сценарію r_1 обчислюється за формулою (8). Отже, підставляючи отримані значення матимемо:

$$E(s_1) = 0,6 \cdot [0,40 \cdot 0,7165 + 0,30 \cdot 0,6275 + 0,35 \cdot 0,7539] = 0,6 \cdot 0,738715 = 0,44323$$

Отримане значення $E(s_1) = 0,44323$ відображає інтегральну ефективність навчальної траєкторії з урахуванням ймовірності сценарію та вагових коефіцієнтів компетентностей.

ШІ-система сформувала навчальну траєкторію, що забезпечила приріст усіх ключових компетентностей, зокрема, пріоритетної («Робота з БПЛА»), що свідчить про результативність підходу.

Висновки. Інтеграція ШІ в підготовку фахівців цивільного захисту відкриває нові перспективи для створення адаптивних освітніх систем, які враховують сучасні виклики, такі як кліматичні зміни, урбанізація та гібридні загрози. Запропонована концептуально-математична модель дозволяє не лише оптимізувати навчальний

процес, але й прогнозувати потреби у професійних компетентностях залежно від сценаріїв надзвичайних ситуацій. Однак успішна реалізація такої моделі вимагає створення чіткої нормативної бази, яка регулюватиме етичні аспекти використання ШІ, зокрема захист персональних даних студентів і забезпечення рівного доступу до технологій. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку стандартів для оцінки ефективності ШІ-систем у навчанні та їх інтеграцію в реальні освітні програми. Окрім того, впровадження ШІ у підготовку фахівців цивільного захисту потребує міждисциплінарного підходу, який поєднує технологічні, педагогічні та етичні аспекти. Важливим є залучення експертів із різних галузей для формування навчальних модулів, які відповідають реальним потребам оперативних служб.

Практичне застосування ШІ, як показано в прикладі розрахунку для умовного здобувача, демонструє потенціал для підвищення рівня компетентностей, але вимагає ретельної верифікації даних і алгоритмів.

Перспективним напрямком розвитку запропонованої концептуально-математичної моделі є її експериментальна верифікація та емпірична апробація в умовах реального освітнього процесу. У майбутньому доцільно розширити дослідження шляхом пілотного впровадження запропонованої моделі в навчальних закладах із подальшим аналізом її впливу на професійну підготовку та ефективність реагування на надзвичайні ситуації. Це надасть змогу оцінити ступінь точності прогнозування освітніх потреб, ефективність формування ключових компетентностей відповідно до актуальних трендів у сфері цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Batista João, Mesquita Anabela, Carnaz Gonçalves. Generative AI and higher education: Trends, challenges, and future directions from a systematic literature review. *Information*. 2024. Vol. 15, № 11. С. 676. DOI: <https://doi.org/10.3390/info15110676>
2. Berntzen Lasse, Sørensen Jarle, Johannessen Marius, Rauer Laurits, Sandberg Nielsen, Carlström Eric, Khorram-Manesh Amir. Using Artificial Intelligence to Support Emergency Management Training: Creating Efficient and Realistic Scenarios with ChatGPT. *International Conference on Smart Cities, Systems, Devices and Technologies (SMART 2025)*. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/390678144_Using_Artificial_Intelligence_to_Support_Emergency_Management_Training_Creating_Efficient_and_Realistic_Scenarios_with_ChatGPT (дата звернення: 25.07.2025)

3. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). 2024 Disasters in Numbers. Brussels, Belgium: CRED, 2025. URL: https://files.emdat.be/reports/2024_EMDAT_report.pdf (дата звернення: 25.07.2025)
4. Chan Kok Hui, Jeffrey, Lee Ming Jun, Melvin, Zimou, Zeng, Yeo, Soon Kiat Matthew, Tan, Mei Xuan, Wang, Yixiao, Lee, Chee Huei, Chatterjee, Chandrima, Noller, Yannic, Agus, Natalie та ін. A transdisciplinary STEAM XD workshop on AI rescue robotics for pre-university students. DS 131: Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2024). 2024. С. 402–407. DOI: 10.35199/EPDE.2024.68
5. Coffey L. Students Outrunning Faculty in AI Use. Inside Higher Ed. 2023. October 31.
6. Gözalan, Aylin, John, Ole, Lübcke, Thomas, Maier, Andreas, Reimann, Maximilian, Richter, Jan-Gerit, Zverev, Ivan. Assisting maritime search and rescue (SAR) personnel with AI-based speech recognition and smart direction finding. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020. Vol. 8, № 10. С. 818. DOI: 10.3390/jmse8100818
7. Hauri Andrin, Kohler Kevin, Roth Florian, Käser Marco, Prior Tim, Scharte Benjamin. Trend Analysis Civil Protection 2030: Uncertainties, Challenges and Opportunities. CSS Risk and Resilience Reports. 2020. DOI: 10.3929/ethz-b-000455250
8. Kohler, Kevin, Scharte, Benjamin. Integrating AI into Civil Protection. *CSS Analyses in Security Policy*. 2020. Vol. 260. DOI: 10.3929/ethz-b-000408269
9. Kohler, Kevin. Strategic foresight: Knowledge, tools, and methods for the future. *CSS Risk and Resilience Reports*. 2021. DOI: 10.3929/ethz-b-000505468
10. Smotr Olga O., Karabyn Oksana O. Malets Ihor O. and Golovaty. Roman R. Research on the feasibility of employing gamification technologies in the training process of IT specialization seekers. CEUR-WS. Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT: Person-oriented Approach (3L-Person 2024). 2024 : vol 3781, pp 60–77. Springer, <https://ceur-ws.org/Vol-3781/>; URN: urn:nbn:de:0074-3781-0 ; <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/13991> URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper04.pdf>
11. Смотр О., Карабин О., Лоза В. Трансформація діяльності викладача. Нові підходи та технології підготовки освітніх матеріалів. Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2024). *Artificial intelligence in science and education*: збірник матеріалів міжнародної наукової конференції (Київ, 1–2 березня 2024 р.). Київ: УкрІНТЕІ, 2024. ст.263–266., DOI: 10.35668/978-966-479-141-7

REFERENCES:

1. Batista, J., Mesquita, A., & Carnaz, G. (2024). Generative AI and Higher Education: Trends, Challenges, and Future Directions. *Information*, 15(11), 676.
2. Berntzen, L., Sørensen, J. L., Johannessen, M. R., Nielsen, L. R., Sandberg, L., Carlström, E., & Khorram-Manesh, A. (2025). Using Artificial Intelligence to Support Emergency Management Training Creating Efficient and Realistic Scenarios with ChatGPT. Proceedings of the Conference: The Fourteenth International Conference on Smart Cities, Systems, Devices and Technologies. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/390678144_Using_Artificial_Intelligence_to_Support_Emergency_Management_Training_Creating_Efficient_and_Realistic_Scenarios_with_ChatGPT
3. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2025). 2024 Disasters in Numbers. Brussels, Belgium: CRED. Retrieved from: https://files.emdat.be/reports/2024_EMDAT_report.pdf
4. Chan Kok Hui, J., Lee Ming Jun, M., Zimou, Z., Yeo, S. K. M., Tan, M. X., Wang, Y., ... & Anariba, F. (2024). A transdisciplinary steam xd workshop on ai rescue robotics for pre-university students. In DS 131: Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2024) (pp. 402–407). <http://dx.doi.org/10.35199/EPDE.2024.68>
5. Coffey, L. (2023, October 31). Students Outrunning Faculty in AI Use. Inside Higher Ed.
6. Gözalan, A., John, O., Lübcke, T., Maier, A., Reimann, M., Richter, J. G., & Zverev, I. (2020). Assisting maritime search and rescue (SAR) personnel with AI-based speech recognition and smart direction finding. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(10), 818. <https://doi.org/10.3390/jmse8100818>
7. Hauri, A., Kohler, K., Roth, F., Käser, M., Prior, T., & Scharte, B. (2020). Trend Analysis Civil Protection 2030: Uncertainties, Challenges and Opportunities. *CSS Risk and Resilience Reports*. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000455250>
8. Kohler, K., & Scharte, B. (2020). Integrating AI into Civil Protection. *CSS Analyses in Security Policy*, 260. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000408269>

9. Kohler, K. (2021). Strategic foresight: Knowledge, tools, and methods for the future. CSS Risk and Resilience Reports. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000505468>

10. Smotr, O., Karabyn, O., Malets, I., & Golovatyii, R. (2024). Research on the feasibility of employing gamification technologies in the training process of IT specialization seekers. CEUR-WS. Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT: Person-oriented Approach (3L-Person 2024) co-located with 19th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2024). URN: urn:nbn:de:0074-3781-0 ; <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/13991>

11. Smotr, O., Karabyn, O., & Loza, V. (2024). Transformatsiia diialnosti vykladacha. Novi pidkhody ta tekhnolohii pidhotovky osvitnikh materialiv (Transformation of teacher activity. New approaches and technologies for preparing educational materials). In Shtuchnyi intelekt u nautsi ta osviti (AISE 2024). *Artificial intelligence in science and education: Proceedings of the International Scientific Conference* (Kyiv, March 1–2, 2024) (pp. 263–266). Kyiv: UkrINTEI. <https://doi.org/10.35668/978-966-479-141-7>



Дата надходження статті: 04.09.2025

Дата прийняття статті: 15.10.2025

Опубліковано: 28.11.2025

ЗМІСТ

Наталія АКСАК, Андрій ТАТАРНИКОВ

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ АГЕНТНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ
З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСОВИХ ЛОГІК.....3

Liliya BESHTA, Kateryna SERGIEIEVA

PROSPECTS FOR CREATING IOT NETWORK OF SOIL MOISTURE SENSORS
IN POST-WAR RECONSTRUCTION.....14

Катерина БЄЛЄНЬКОВА, Марина НОВОЖИЛОВА

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕНЬ
В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ТИПАМИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....24

Данило БОГУЦЬКИЙ, Олександр ГОРБОВА

ІНСТРУМЕНТАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРОГРАМНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ
ЗА ЛЕКСИЧНИМИ ТА СЕМАНТИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ.....34

Олександр ВЛАДИКО, Андрій МАЛІЄНКО, Дмитро МАЛЬЦЕВ, Тетяна ХОМ'ЯК

РОЗВИТОК ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ.....40

Дмитро ГАРАНЖА, Тімур ЖЕЛДАК, Олександра ЦИБУЛЬСЬКА

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СЕРТИФІКАЦІЇ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ52

Олександра ГЕРАСІНА

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТРАФІКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ
ДЛЯ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ АТАК.....62

Vyacheslav GOREV, Yana SHEDLOVSKA, Igor SHEDLOVSKY

KOLMOGOROV-WIENER PREDICTION OF THE MAIZE FUSARIUM HEAD
BLIGHT OCCURRENCE PROBABILITY.....71

Володимир ГУРА, Олександр ЗАДЕРЕЙКО, Олена ТРОФИМЕНКО,

Тетяна ФАРІОНОВА, Олександр МІЛЬЧЕНКО

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ
З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....76

Yurii KOVALOV, Yuriy BOYKO

SERVER'S VULNERABILITY SENSITIVITY IN MICROSERVICE DESIGNED SYSTEMS.....91

Світлана КОЗИР

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ ЗДОБУВАЧА
В УМОВАХ ДУАЛЬНОЇ ОСВІТИ98

Галина КОЗІНА, Ігорь КОЗІН, Ілля КОВАЛЬОВ

ПРОТОКОЛ СЛІПОГО ПІДПISY НА ОСНОВІ СТАНДАРТУ SM2.....107

Валерій КОРНІЄНКО, Михайло КОННОВ

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КІБЕРСТІЙКОСТІ В ІОТ-МЕРЕЖАХ.....113

Леонід МЕЩЕРЯКОВ, Борис МОРОЗ, Геннадій ШВАЧИЧ, Дмитро МОРОЗ

МНОЖИННІ АСИМЕТРИЙНІ ФУНКЦІЇ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК
В СУПУТНИХ СИГНАЛАХ.....120

Iryna MYSIUK

MODELING USER BEHAVIOR IN SOCIAL NETWORKS

USING THE MONTE CARLO METHOD.....126

Микола ОБЧИННИКОВРОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ЦИФРОВОГО ВІДБИТКУ
ДЛЯ СИСТЕМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНТЕНТУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ
ЗАХИСТУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ.....134**Ігор ПОСЛЕД, Валерій КОРНІЄНКО**ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ КІБЕРФІЗИЧНИХ
СИСТЕМ ВІД ВИТОКУ АКУСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ140**Марія СЕМАНЬКІВ**

ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ОПЕРАЦІЇ В ГЕНЕРАТОРАХ НА РЕГІСТРАХ ЗСУВУ146

Сергій ДЗЮБА, Олексій СЕРГЄЄВЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ РОЗВ'ЯЗАННЯ
БАГАТОЕТАПНОЇ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ-АКТИВАЦІЇ152**Denys SYMONOV, Iryna KUTOVA, Yehor SYMONOV, Bohdan ZAIKA, Mykola FESENKO**SPATIAL-TOPOLOGICAL MODEL OF SPECTRAL FEATURE SEGMENTATION
IN PRECISION AGRICULTURE.....161**Ольга СМОТР, Тарас РАК, Олександр ТИМЧЕНКО**ФОРМАЛІЗОВАНА МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ ФАХІВЦІВ ЦИВІЛЬНОГО
ЗАХИСТУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ТЕНДЕНЦІЙ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ...172**Ольга СПІРІНЦЕВА, В'ячеслав СПІРІНЦЕВ**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ФІШИНГОВИХ АТАК У ВЕБТРАФІКУ
З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ.....182**Ольга СТАНІНА, Софія СИРОТА**ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ
ЛІКАРСЬКИХ РІШЕНЬ ПРО ВИБІР АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ.....189**Ірина УДОВИК, Володимир ГНАТУШЕНКО, Іван ЛАКТИОНОВ, Сергій ДУНАЄВ**

РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТЕНТИФІКАЦІЇ НА ОСНОВІ КРИПТО-КODOВИХ СИСТЕМ.....201

Kostiantyn KHABARLAK, Larysa KORIASHKINA, Ivan LAKTIONOV, Grygorii DIACHENKOZERO-SHOT PLANT DISEASE RECOGNITION USING OPEN LARGE
VISION-LANGUAGE MODELS.....213**Yurii SHELKHONOV, Natalia AXAK**ADAPTIVE MICROCLIMATE MANAGEMENT BASED ON MACHINE LEARNING
AND MICROSERVICE ARCHITECTURE.....223**Сергій ЩЕРБАКОВ, Дмитро ШИРОКОРАД**КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ
ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ.....233**Вадим ЯКОВЕНКО, Дмитро ПРОКОПОВИЧ-ТКАЧЕНКО, Юлія УЛЬЯНОВСЬКА**АЛГОРИТМІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ТА СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ХВИЛЬОВИХ ГІБРИДНИХ КІБЕРАТАК: ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ПІДХІД
З УРАХУВАННЯМ ФАЗОВОЇ ДИНАМІКИ ЗАГРОЗ.....243**Євген КИРИЧЕНКО, Ігор МАЛИК**

ОДИН РЕЗУЛЬТАТ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ВИПАДКОВИХ МАТРИЦЬ.....257

CONTENTS

Natalia AXAK, Andrii TATARNYKOV FORMALIZATION AND VERIFICATION OF AN AGENT-BASED LEARNING PLATFORM USING TEMPORAL LOGICS.....	3
Liliya Beshta, Kateryna SERGIEIEVA PROSPECTS FOR CREATING IOT NETWORK OF SOIL MOISTURE SENSORS IN POST-WAR RECONSTRUCTION.....	14
Katerina BELENKOVA, Maryna NOVOZHYLOVA CLASSIFICATION OF LOAD DISTRIBUTION OPTIMIZATION METHODS IN ELECTRICAL GRIDS BY TYPES OF UNCERTAINTY.....	24
Danylo BOHUTSKYI, Oleksandra HORBOVA INSTRUMENTAL MODEL FOR EVALUATING API DOCUMENTATION BASED ON LEXICAL AND SEMANTIC CHARACTERISTICS.....	34
Oleksandr VLADYKO, Andriy MALIENKO, Dmitry MALTSEV, Tetiana KHOMIAK DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE TECHNOLOGIES BASED ON A SYSTEMIC APPROACH TO ORGANIZATION.....	40
Dmytro HARANZHA, Timur ZHELDAK, Olexandra TSYBULSKA DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR CERTIFICATION OF ROLLED PRODUCTS.....	52
Oleksandra GERASINA FRACTAL ANALYSIS OF TRAFFIC OF INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS FOR ATTACK DETECTION SYSTEMS.....	62
Vyacheslav GOREV, Yana SHEDLOVSKA, Igor SHEDLOVSKY KOLMOGOROV-WIENER PREDICTION OF THE MAIZE FUSARIUM HEAD BLIGHT OCCURRENCE PROBABILITY.....	71
Volodymyr HURA, Olexandr ZADEREYKO, Olena TROFYMENKO, Tetyana FARIONOVA, Oleksandr MILCHENKO ANALYSIS OF WAYS TO OPTIMIZE THE DESIGN OF COMPUTER SYSTEMS USING MACHINE LEARNING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS.....	76
Юрій КОВАЛЬОВ, Юрій БОЙКО ЧУТЛИВІСТЬ ДО ВРАЗЛИВОСТЕЙ СЕРВЕРІВ В СИСТЕМАХ, ЩО БАЗУЮТЬСЯ НА МІКРОСЕРВІСНІЙ АРХІТЕКТУРІ.....	91
Svitlana KOZYR MODEL FOR FORMING AN INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY OF AN APPLICANT IN THE CONTEXT OF DUAL EDUCATION N.....	98
Galina KOZINA, Igor KOZIN, Illia KOVALOV BLIND SIGNATURE PROTOCOL BASED ON THE SM2 STANDARD.....	107
Valerii KORNIIENKO, Mykhailo KONNOV ANALYSIS OF WIRED TECHNOLOGIES USE TO INCREASE CYBER RESILIENCE IN IOT NETWORKS.....	113
Leonid MESHCHERIAKOV, Borys MOROZ, Hennadii SHVACHYCH, Dmytro MOROZ PLURAL ASYMMETRIC FUNCTIONS FOR EXTRACTING INFORMATIONAL SIGNS IN ACCOMPANYING SIGNALS.....	120

Iryna MYSIUK

MODELING USER BEHAVIOR IN SOCIAL NETWORKS

USING THE MONTE CARLO METHOD.....126

Mykola OVCHYNNYKOV

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF DIGITAL FINGERPRINT ALGORITHMS

FOR CONTENT IDENTIFICATION SYSTEMS IN INTELLECTUAL PROPERTY

PROTECTION INFORMATION SYSTEMS.....134

Ihor POSLIED, Korniiienko VALERII

JUSTIFICATION OF INTELLIGENT SYSTEM STRUCTURE FOR CYBER-PHYSICAL

SYSTEMS PROTECTION AGAINST ACOUSTIC INFORMATION LEAKAGE.....140

Mariia SEMANKIV

APPLICATION OF NONLINEAR OPERATIONS

IN SHIFT REGISTER-BASED GENERATORS.....146

Serhii DZIUBA, Oleksii SERHIEIEV

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE ALGORITHM FOR SOLVING THE MULTI-STAGE

LOCATION-ACTIVATION PROBLEM.....152

Denys SYMONOV, Iryna KUTOVA, Yehor SYMONOV, Bohdan ZAIKA, Mykola FESENKO

SPATIAL-TOPOLOGICAL MODEL OF SPECTRAL FEATURE SEGMENTATION

IN PRECISION AGRICULTURE.....161

Olga SMOTR, Taras RAK, Oleksandr TYMCHENKO

FORMALIZED MODEL OF ADAPTIVE TRAINING OF CIVIL PROTECTION

SPECIALISTS BASED ON TREND ANALYSIS IN THE APPLICATION

OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....172

Olga SPIRINTSEVA, Viacheslav SPIRINTSEV

AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DETECTION OF PHISHING ATTACKS

IN WEB TRAFFIC USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS.....182

Olha STANINA, Sophia SYROTA

DECISION SUPPORT INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM FOR THE SELECTION

OF ANTIBACTERIAL AGENTS.....189

Iryna UDOVYK, Volodymyr HNATUSHENKO, Ivan LAKTIONOV, Sergii DUNAIEV

DEVELOPMENT OF AN AUTHENTICATION METHOD

BASED ON CRYPTOGRAPHIC CODE SYSTEMS.....201

Kostiantyn KHABARLAK, Larysa KORIASHKINA, Ivan LAKTIONOV, Grygorii DIACHENKO

ZERO-SHOT PLANT DISEASE RECOGNITION USING OPEN LARGE

VISION-LANGUAGE MODELS.....213

Yurii SHELIKHOV, Natalia AXAK

ADAPTIVE MICROCLIMATE MANAGEMENT BASED ON MACHINE LEARNING

AND MICROSERVICE ARCHITECTURE.....223

Serhii SHCHERBAKOV, Dmytro SHYROKORAD

COMPREHENSIVE EVALUATION OF ALTERNATIVES IN EDUCATIONAL

PROCESS DIGITAL TRANSFORMATION OPTIMIZATION.....233

Vadym YAKOVENKO, Dmytro PROKOPOVYCH-TKACHENKO, Yuliia ULIANOVSKA

ALGORITHMIC CLASSIFICATION AND SCENARIO MODELING OF WAVE

HYBRID CYBERATTACKS: A COMPUTATIONAL APPROACH CONSIDERING

THE PHASE DYNAMICS OF THREATS.....243

Yevhen KYRYCHENKO, Igor MALYK

A CLUSTERING RESULT BASED ON RANDOM MATRICES.....257

INFORMATION TECHNOLOGY: COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING AND CYBER SECURITY

Випуск 3

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Світлана Юріївна Калабухова

Підписано до друку: 28.11.2025. Формат 60х84/8. Гарнітура Arial.
Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 31,15. Замов. № 1225/942. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.