

<https://doi.org/10.26565/2074-8167-2025-57-13>

УДК 004.8:004.738.5:37.04:378.147

Марія Анатоліївна Умрик

кандидат педагогічних наук, доцент

професор кафедри інформаційних технологій та програмування

m.a.umryk@pnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0396-0045>

Український державний університет імені Михайла Драгоманова

вул.Пирогова 9, Київ, Україна, 02000

ЦИФРОВЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ В ЕПОХУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Упровадження штучного інтелекту (ШІ) в усі сфери життєдіяльності людини породжує нові виклики, зокрема для системи освіти. Попри широке використання ШІ в освітньому процесі всіма його учасниками рівень обізнаності щодо його роботи та потенційних наслідків використання (чорна скринька ШІ) залишається здебільшого інтуїтивним. Означене є особливо актуальним для майбутніх учителів інформатики, яким необхідно формувати глибокі професійні компетентності в галузі ШІ. Це можливо забезпечити на основі проектування сучасного цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати побудову концептуально-прогностичної моделі цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ, визначити передумови та результати його проектування, ключові компоненти та взаємозв'язки. Методи дослідження: теоретичні (аналіз і синтез наукових джерел, систематизація понять, класифікація компонентів); комплексні (моделювання, концептуальне та прогностичне проектування).

У статті проаналізовано наукові джерела та релевантні публікації за темою дослідження, уточнено понятійний апарат. Здійснено аналіз вимог проектування цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в умовах впровадження ШІ. Сформульовано і обґрунтовано систему компонентів цифрового освітнього середовища.

Запропоновано концептуально-прогностичну модель цифрового освітнього середовища, що охоплює шість взаємопов'язаних компонентів: просторово-архітектурний, технологічно-інструментальний, адміністративно-безпековий, змістово-методичний, аксіологічно-етичний та компетентнісний. Акцентується увага на необхідності формування відповідних компетентностей майбутніх учителів інформатики у галузі ШІ для подолання проблеми чорної скриньки ШІ, важливості етичного підходу до використання ШІ, розвитку критичного мислення та забезпечення людиноцентричності освіти в епоху ШІ.

Зроблено висновок, що одним із ефективних інструментів оновлення підходів до підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ є сучасне цифрове освітнє середовище, яке потребує цілеспрямованого проектування відповідно до нових освітніх викликів.

Ключові слова: штучний інтелект; майбутні вчителі інформатики; цифрове освітнє середовище; чорна скринька ШІ.

Як цитувати: Умрик М. А. Цифрове освітнє середовище підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху штучного інтелекту. *Наукові записки кафедри педагогіки*. 2025. № 57. С. 152–161. <https://doi.org/10.26565/2074-8167-2025-57-13>

In cites: Umryk, M. (2025). Digital educational environment for training future computer science teachers in the age of artificial intelligence. *Scientific notes of the pedagogical department*, 57, 152–161. <https://doi.org/10.26565/2074-8167-2025-57-13> [in Ukrainian].

Постановка проблеми. Імплементация штучного інтелекту (ШІ) в усі галузі діяльності людини, зокрема використання великих мовних моделей (ChatGPT тощо), зумовила нові виклики для сфери освіти. З одного боку, спостерігається широке використання ШІ в освітньому процесі всіма його учасниками – студентами, викладачами, адміністрацією закладів вищої освіти. З другого, рівень розуміння принципів роботи та наслідків застосування таких технологій залишається на базовому інтуїтивному рівні.

Така ситуація є особливо актуальною щодо майбутніх учителів інформатики, яким необхідно формувати і розвивати професійні компетентності в галузі ШІ.

Основу цих професійних компетентностей становить принцип переходу від користувачького до професійного рівня використання ШІ майбутніми вчителями інформатики та вирішення проблеми «чорної скриньки ШІ», а саме виключення сценарію взаємодії з ШІ «людина поза циклом». Це можливо забезпечити шляхом проектування сучасного цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Новими національними і міжнародними стандартами використання ШІ в освіті є:

- Біла книга врегулювання ШІ в Україні: бачення Мінцифри, 2024 [3];
- Інструктивно-методичні рекомендації щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти (проект) / МОН, 2024 [5];
- Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти / МОН, 2025 [8];
- AI Competency Framework for Students | UNESCO, 2024 [14];
- AI Competency Framework for Teachers | UNESCO, 2024 [15];
- Empowering Learners for the Age of AI. An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education (Review draft) | OECD, 2025 [23];
- Regulating the use of artificial intelligence systems in education | Council of Europe, 2024 [34];
- AI Literacy: A Framework to Understand, Evaluate, and Use Emerging Technology | Digital Promise, 2024 [28];
- DigComp 2.2 | EU, 2022 [38];

- DigComp 3.0 Consultation – AI Pioneers | EU, 2025 [20];
- ISO/AWI 29999/ Education and Learning Services — Application of Artificial Intelligence (AI) Technology — Ethical Guidelines, 2025 (в процесі розроблення) [27];
- Artificial intelligence in education | UNESCO, 2025 [17].

Міжнародні та національні звіти, керівництва, рекомендації щодо використання ШІ в освіті:

- AI and the future of education: disruptions, dilemmas and directions | UNESCO, 2025 [13];
- AI and education: guidance for policy-makers | UNESCO, 2025 [11];
- AI Learning Priorities for All K-12 Students | CSTA & AI4K12, 2025; Gomes et al., 2025 [16];
- AI and education: Protecting the rights of learners | UNESCO, 2025 [12];
- Opportunities, guidelines and guardrails for effective and equitable use of AI in education | OECD-Education International, 2023 [32];
- 5 AI Principles | OECD, 2019 [1];
- Словник термінів у сфері штучного інтелекту, 2024 [10];
- Ethical Guidelines on the Use of Artificial Intelligence (AI) and Data in Teaching and Learning for educators | EU, 2022 [21];
- Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence | UNESCO, 2024 [33];
- Ethics Guidelines for Trustworthy AI | Shaping Europe's Digital Future | EU, 2019 [22];
- Дослідження цифрової і ШІ грамотності в Україні | Міністерство цифрової трансформації, 2025 [4];
- Final Report of the Commission Expert Group on Artificial Intelligence and Data in Education and Training | EU, 2022 [24];
- Future of Jobs Report 2025 | WEF, 2025 [25];
- Shaping the Future of Learning: The Role of AI in Education 4.0 | WEF, 2024 [36];
- AI and the Future of Learning | Google, 2025 [26].

Враховуючи нові стандарти, рекомендації, звіти щодо використання ШІ в освіті, актуальними є нові освітні вимоги підготовки студентів в епоху ШІ [7; 9; 18]; 19; 29; 35; 37; 39] та проектування цифрового освітнього середовища формування компетентностей майбутніх учителів інформатики у галузі ШІ [2; 6; 30; 31].

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати побудову концептуально-прогностичної моделі цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ,

визначити передумови та результати його проектування, ключові компоненти та взаємозв'язки.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати наукові джерела та релевантні публікації за темою дослідження, уточнити понятійний апарат.
2. Узагальнити вимоги проектування цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в умовах впровадження ШІ.
3. Сформулювати й обґрунтувати систему компонентів цифрового освітнього середовища.
4. Побудувати концептуально-прогностичну модель проектування цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ.

Методи дослідження: теоретичні (аналіз і синтез наукових джерел, систематизація понять, класифікація компонентів); комплексні (моделювання, концептуальне та прогностичне проектування).

Методологія дослідження. Для досягнення мети дослідження було використано такі методологічні підходи:

- Порівняльний підхід – уточнення та порівняння термінології дослідження, визначення сутнісних спільних і відмінних рис поняття «цифрове освітнє середовище».
- Компетентнісний підхід – формування у майбутніх учителів інформатики компетентностей у галузі ШІ як один із компонентів цифрового освітнього середовища та результат його впровадження.
- Аксиологічний підхід – врахування ціннісних орієнтирів епохи ШІ, етичних аспектів підготовки майбутніх учителів, зокрема розвиток критичного мислення.
- Прогностичний підхід – моделювання перспектив розвитку цифрового середовища підготовки в умовах швидкої трансформації освіти в епоху ШІ.

Виклад матеріалу дослідження і основні результати. Враховуючи дослідження провідних українських науковців з напряму проектування і застосування електронних освітніх середовищ (В. Биков [36], Т. Вакалюк [38], К. Колос, О. Кузьмінська [37], С. Литвинова, Н. Морзе, Л. Панченко, Ю. Романишин, С. Семеріков, Є. Смирнова-Трибульська, Ю. Триус, М. Шишкіна та ін.), сформулюємо власне визначення.

Цифрове освітнє середовище – це цілісна сукупність цифрових технологій, інструментів, сервісів, платформ, ресурсів і цифрового контенту, інтегрованих в освітній процес, яка за-

безпечує ефективну взаємодію всіх його учасників. Вона охоплює також процеси управління, моніторингу, оцінювання та коригування якості такої освіти, сприяючи підвищенню її доступності, безпечності, етичності, персоналізації тощо.

Уточнимо, цифрове освітнє середовище підготовки здобувачів освіти в епоху ШІ – це предметно-орієнтована, цілісна система цифрових технологій, сервісів, інструментів, платформ і цифрового контенту, інтегрованих в освітній процес, яка забезпечує ефективну організацію навчання у галузі штучного інтелекту, підтримує розвиток здатності до неперервного навчання, професійного самовдосконалення та сприяє цілеспрямованому формуванню відповідних компетентностей у здобувачів освіти.

Візьмемо за основу чотири етапи проектування моделі цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики у галузі ШІ:

1. Аналіз вимог.
2. Проектування та дизайн.
3. Реалізації та тестування.
4. Моніторинг, оцінювання та коригування результатів.

Перший етап містить аналіз вимог щодо проектування цифрового освітнього середовища підготовки здобувачів освіти в епоху ШІ.

Окреслимо перелік цих вимог:

- 1) *стратегічні*: виклики цифрової трансформації освіти;
- 2) *професійно-освітні*: інтеграція ШІ в освітній процес;
- 3) *компетентісна*: формування і розвиток компетентностей у галузі ШІ;
- 4) *технологічна*: забезпечення сучасної інфраструктури;
- 5) *етична та безпекова*;
- 6) *аналітико-управлінська*: системи моніторингу, оцінювання й аналітики даних;
- 7) вимога людиноцентризму в освіті.

Розглянемо детальніше кожен з вимог. *Стратегічні вимоги* зумовлено глобальними викликами цифрової трансформації освіти, що охоплюють технологічні, соціокультурні, економічні та етичні аспекти розвитку сучасного суспільства. Вони передбачають системну адаптацію освітнього процесу до умов швидких технологічних змін, а також забезпечення стійкості освітніх систем у кризових ситуаціях. *Стратегічна вимога* передбачає створення цифрового освітнього середовища як відповіді на потреби та виклики цифрової трансформації освіти. Таке середовище розглядається як інноваційний, адаптивний і сталий простір,



Рис. 1. Проблема чорної скриньки ШІ (Джерело: розроблено автором)

Fig. 1. The AI black box problem (Source: created by the author)

здатний забезпечити якісну професійну підготовку майбутніх учителів, зокрема інформатики, підвищити ефективність освітнього процесу та загалом сприяти інтеграції української освіти у глобальний цифровий простір.

Професійно-освітні вимоги визначають необхідність, по-перше, оновлення освітніх програм, відповідно до сучасних тенденцій розвитку цифрової економіки та потреб ринку праці, по-друге, зміни вимог до професії вчителя, зокрема інформатики, коли ШІ стає однією з ключових професійних компетентностей педагога на рівні з цифровими.

Професійно-освітня вимога також охоплює підготовку здобувачів освіти до педагогічної діяльності в умовах цифрового середовища, в якому вміння критично оцінювати, коректно застосовувати й етично використовувати технології ШІ є невід'ємною складовою їхньої професійної культури. Отже, реалізація цієї вимоги сприяє формуванню нової моделі педагога-дослідника, здатного ефективно поєднувати людський інтелект і можливості використання ШІ у професійній діяльності.

Компетентнісні вимоги відображають необхідність формування у майбутніх учителів інформатики цілісної системи знань, умінь, навичок, досвіду та ціннісних орієнтирів у галузі ШІ. Вони ґрунтуються на положеннях сучасних національних та міжнародних стандартах освіти щодо використання ШІ.

Для майбутнього вчителя інформатики компетентності у галузі ШІ мають поглиблений, професійно-орієнтований характер порівняно із більш загальним рівнем оволодіння компетентностями у галузі ШІ для педагога чи освітянина. Їх зміст пов'язаний не лише з розумінням основних принципів функціонування систем ШІ, а й із володінням професійними знаннями, навичками та досвідом розроблення власних, адаптації наявних і впровадження

інтелектуальних рішень у сфері освіти. Майбутній учитель інформатики має не лише володіти інструментами ШІ, а й розуміти принципи їх роботи, структуру внутрішніх алгоритмів, «чорну скриньку» ШІ (рис.1), усвідомлювати їх потенціал, обмеження та ризики у педагогічній практиці. Такий підхід забезпечує перехід від сліпого пасивного використання до активної творчої взаємодії з системами ШІ.

Необхідний перехід до формування вирішення – створення «Білої скриньки ШІ» для майбутнього вчителя інформатики.

Цей процес охоплює створення трьох сценаріїв взаємин майбутнього вчителя інформатики в епоху ШІ з використанням підходів:

«людина в циклі» (human-in-the-loop);

«людина над циклом» (human-on-the-loop);

«людина як керівник» (human-in-command approaches).

Для майбутніх учителів інформатики необхідно гарантувати виключення підходу «людина поза циклом» (human-out-the-loop) (рис. 2).

Технологічна вимога передбачає створення й підтримку сучасної цифрової інфраструктури, необхідної для ефективного функціонування освітнього середовища, в яке органічно інтегровано ШІ. Вона охоплює комплекс технічних, програмних, мережевих і сервісних рішень, що забезпечують надійність, масштабованість і безпечність цифрового середовища закладу вищої освіти.

Етична та безпекова вимоги визначають необхідність забезпечення принципів академічної доброчесності, прозорості, справедливості та безпечності у використанні ШІ в цифровому освітньому середовищі. Її реалізація передбачає формування в учасників освітнього процесу етичних орієнтирів, що регулюють відповідальне використання ШІ, а також створення безпечних умов для оброблення та використання чутливих освітніх і персональних даних.

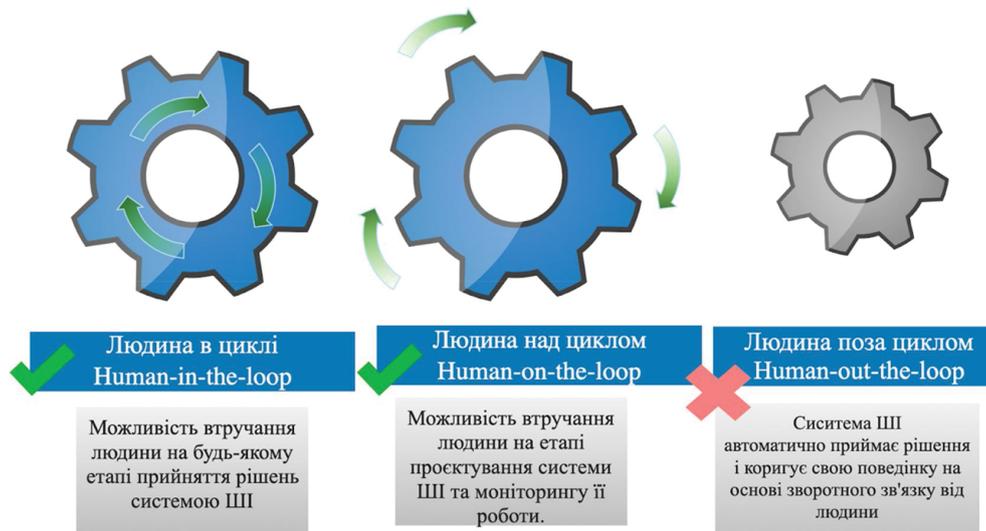


Рис. 2. Можливі сценарії взаємодії людини і ШІ (Джерело: розроблено автором)
Fig. 2. Possible scenarios for human-AI interaction (Source: created by the author)

Аналітико-управлінська вимога передбачає створення у цифровому освітньому середовищі систем моніторингу, оцінювання та аналітики даних, які забезпечують науково обґрунтоване управління освітнім процесом і прийняття рішень на основі реальних доказових даних. Вона охоплює використання інтелектуальних інструментів збору, обробки та інтерпретації освітніх даних з метою підвищення якості навчання, прогнозування результатів успішності та підтримки індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів освіти.

Вимога людиноцентризму визначає орієнтацію цифрового освітнього середовища на особистість здобувача освіти, його потреби, цінності та потенціал розвитку в умовах цифрового суспільства. Людиноцентризм в освіті передбачає пріоритет людського інтелекту, креативності, етичності й соціальної відповідальності над технологічними можливостями систем ШІ.

Основою людиноцентричного підходу є гуманізація цифрової освіти, спрямована на забезпечення рівного доступу, інклюзивності, психологічного комфорту та підтримки особистісної автономії здобувачів освіти. У центрі цифрового освітнього процесу перебуває людина як суб'єкт пізнання і творець знань, а технології ШІ розглядають як інструмент її розширення, а не заміщення.

На етапі проектування та дизайну ми здійснили побудову суб'єкт-об'єктної взаємодії освітнього процесу в епоху ШІ, а також визначили основні компоненти цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ.

Розглянемо ці компоненти.

Просторово-архітектурний компонент описує інтеграцію цифрового освітнього сере-

довища в єдиний цифровий освітній простір, а також інтеграцію в загальноуніверситетське цифрове освітнє середовище. Компонент також містить цифрову (програмну) та технічну (фізичну) архітектуру середовища.

Технологічно-інструментальний компонент охоплює цифрові інструменти, платформи, сервіси, програмні рішення й системи ШІ, що застосовуються в навчанні, управлінні освітнім процесом, наприклад, інструменти code, low/no code, інструменти взаємодії людина-ШІ тощо.

Адміністративно-безпековий компонент відповідає за регулювання, координацію, захист персональних даних, управління доступом, управління корпоративними обліковими записами, освітніми ліцензіями та забезпечує дотримання політик цифрової безпеки у цифровому середовищі.

Змістово-методичний компонент (зміст, методи, форми) охоплює навчальний контент, форму і методи викладання, орієнтовані на формування компетентностей у галузі ШІ, впровадження сучасних педагогічних технологій та персоналізованого навчання.

Аксіологічно-етичний компонент спрямовано на формування ціннісного ставлення до технологій, розвиток критичного мислення, цифрової етики, відповідального використання ШІ та дотримання принципів академічної доброчесності.

Компетентнісний компонент охоплює інструменти оцінювання і моніторингу формування компетентностей у галузі ШІ, верифікацію та валідацію цифрового освітнього середовища; рефлексію, коригування, містить аналітику результатів, підсилену використанням ШІ.

Враховуючи зазначене, здійснимо побудову концептуально-прогностичної моделі проектуван-

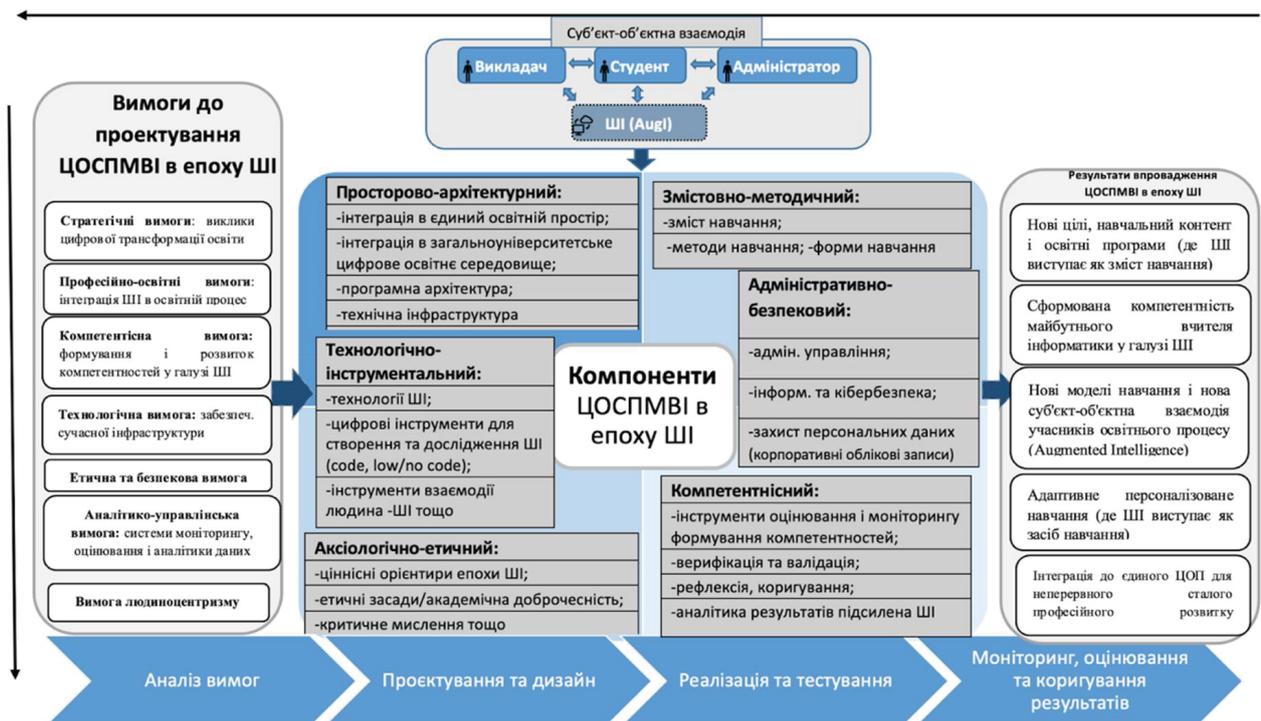


Рис. 3. Концептуально-прогностична модель проектування цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ (Джерело: розроблено автором)

Fig. 3. Conceptual and predictive model for designing a digital educational environment for training future computer science teachers in the AI era (Source: created by the author)

ня цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ШІ (рис. 3).

Висновки та перспективи подальших досліджень. У контексті стрімкого впровадження ШІ в усі сфери життєдіяльності людини, зокрема в освіту, постає необхідність оновлення підходів до підготовки майбутніх учителів інформатики. Одним із ефективних інструментів такої підготовки є цифрове освітнє середовище, яке потребує цілеспрямованого проектування відповідно до нових освітніх викликів.

У побудові цифрового освітнього середовища в епоху ШІ важливо врахувати безпекові і етичні аспекти його використання. Звертаємо увагу на необхідність формування в освітян компетентностей у галузі ШІ, зокрема у майбутніх учителів інформатики. Подальші дослідження пов'язуємо з експериментальною перевіркою ефективності запропонованої концептуально-прогностичної моделі на етапі моніторингу, оцінювання та коригування результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 5 AI Principles | OECD. OECD, 2019. URL: <https://oecd.ai/en/principles>
- Биков В. Ю., Буров О. Ю. Цифрове навчальне середовище: нові технології та вимоги до здобувачів знань. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems*. 2020. № 55. С. 11–22. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-11-22> [in Ukrainian]
- Біла книга врегулювання ШІ в Україні: бачення Мінцифри. 2024. URL: <https://storage.thedigital.gov.ua/files/d/9d/0bbc3a705c821a197bedfcdfe00899d9.pdf> [in Ukrainian]
- Дослідження цифрової і ШІ грамотності в Україні / Міністерство цифрової трансформації. 2025. URL: https://osvita.diia.gov.ua/uploads/3/16241-doslidzenna_cifrovoi_ta_si_gramotnosti_v_ukraini_2025_pptx_pptx.pdf [in Ukrainian]
- Інструктивно-методичні рекомендації щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти (проект) / МОН України. 2024. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.vZZSO-22.05.2024.pdf> [in Ukrainian]
- Кузьмінська О. Г. Теоретико-методичні засади проектування та застосування цифрового освітнього середовища наукової комунікації магістрів-дослідників: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.10 / Нац. ун-т

- біоресурсів і природокористування України, ДЗ «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Київ, 2020. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/6375> [in Ukrainian]
7. Морзе Н. В., Умрик М. А., Струтинська О. І. Трансформація методологічної підготовки майбутніх учителів інформатики у процесі впровадження STEAM освіти в епоху штучного інтелекту. *Міждисциплінарні дослідження складних систем*. 2025. № 26. С. 5–27. DOI: <https://doi.org/10.31392/iscs.2025.26.5> [in Ukrainian]
 8. Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти / МОН України. 2025. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf> [in Ukrainian]
 9. Умрик М. А., Морзе Н. В., Смирнова-Трибульська Є. М. Розвиток компетентностей освітан у галузі використання штучного інтелекту в цифровому суспільстві. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2025. № 18. Стаття 18. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2025.1813> [in Ukrainian]
 10. Чумаченко Д. В. та ін. Словник термінів у сфері штучного інтелекту / Міністерство цифрової трансформації України. 2024. URL: [https://thedigital.gov.ua/storage/uploads/files/page/community/docs/Словник%20термінів%20у%20сфері%20ШІ%20\(1\).pdf](https://thedigital.gov.ua/storage/uploads/files/page/community/docs/Словник%20термінів%20у%20сфері%20ШІ%20(1).pdf) AI and education: Guidance for policy-makers | UNESCO. (2025a, Квітень 14). URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-education-guidance-policy-makers> [in Ukrainian]
 11. AI and education: Guidance for policy-makers / UNESCO. 2025. April 14. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-education-guidance-policy-makers>
 12. AI and education: Protecting the rights of learners / UNESCO. 2025. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-education-protecting-rights-learners>
 13. AI and the future of education: Disruptions, dilemmas and directions / UNESCO. 2025. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000395236>
 14. AI competency framework for students / UNESCO. 2024. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-students>
 15. AI competency framework for teachers / UNESCO. 2024. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-teachers>
 16. AI Learning Priorities for All K-12 Students [Електронний ресурс] / CSTA & AI4K12. – NY: Computer Science Teachers Association, 2025. URL: <https://csteachers.org/ai-priorities/>
 17. Artificial intelligence in education / UNESCO. 2025. URL: https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence?utm_source=chatgpt.com
 18. Chen, L., Chen, P., Lin, Z. Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 75264-75278. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
 19. Chiu, T. K. F. Empowering K-12 Education with AI: Preparing for the Future of Education and Work. London : Routledge, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003498377>
 20. DigComp 3.0 Consultation – AI Pioneers/ EU. 2025. URL: <https://aipioneers.org/digcomp-3-0-consultation>
 21. Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators / Publications Office of the European Union. Luxembourg, 2022. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/153756>
 22. Ethics guidelines for trustworthy AI. *European Commission*. 2019. 8 квіт. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
 23. Empowering Learners for the Age of AI. An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education (Review draft) / EU. 2025. URL: https://ailiteracyframework.org/wp-content/uploads/2025/05/AILitFramework_ReviewDraft.pdf
 24. Final report of the Commission expert group on artificial intelligence and data in education and training: A executive summary. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/65087>
 25. Future of Jobs Report 2025/World Economic Forum. 2025. URL: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf
 26. Gomes, B., Ibrahim, L., Matias, Y., Phillips, C., Manyika, J. AI and the Future of Learning [Електронний ресурс]. *Google*. 2025. URL: https://services.google.com/fh/files/misc/future_of_learning.pdf
 27. ISO/AWI 29999. Education and learning services—Application of Artificial Intelligence (AI) Technology—Ethical Guidelines. *ISO*. 2025. URL: <https://www.iso.org/standard/54668.html>
 28. Lindauer, S. AI Literacy: A Framework to Understand, Evaluate, and Use Emerging Technology. *Digital Promise*. 2024. June 18. URL: <https://digitalpromise.org/2024/06/18/ai-literacy-a-framework-to-understand-evaluate-and-use-emerging-technology>
 29. Mikeladze, T., Meijer, P. C., Verhoeff, R. P. A comprehensive exploration of artificial intelligence competence frameworks for educators: A critical review. *European Journal of Education*. 2024. Vol. 59, No. 3. e12663. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejed.12663>
 30. Morozov, A., Vakaliuk, T. An electronic environment of higher education institution (on the example of Zhytomyr Polytechnic State University). *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1840. 012061. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012061>
 31. Morze N., Smyrnova-Trybulska E., Umryk M. Designing an e-university environment based on the needs of net-generation students. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*. 2015. Vol. 25, No. 4. P. 466–486. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJCEELL.2015.074230>.

32. Opportunities, guidelines and guardrails for effective and equitable use of AI in education [Електронний ресурс]. *OECD-Education International*. 2023. OECD Publishing. URL: <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/smart-data-and-digital-technology-in-education/Opportunities,%20guidelines%20and%20guardrails%20for%20effective%20and%20equitable%20use%20of%20AI%20in%20education.pdf>
33. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. UNESCO. 2024. September 26. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence>
34. Regulating the use of artificial intelligence systems in education. *Council of Europe*. 2024. URL: <https://rm.coe.int/regulating-the-use-of-artificial-intelligence-systems-education-prepar/1680b29928>
35. Schiff D. Education for AI, not AI for Education: The Role of Education and Ethics in National AI Policy Strategies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2022. Vol. 32, No. 3. P. 527–563. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00270-2>.
36. Shaping the Future of Learning: The Role of AI in Education 4.0. *World Economic Forum*. 2024. URL: <https://www.weforum.org/publications/shaping-the-future-of-learning-the-role-of-ai-in-education-4-0/>
37. Tan X., Cheng G., Ling M. H. Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2025. Vol. 8. 100355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100355>
38. Vuorikari R., Kluzer S., Punie Y. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens – With new examples of knowledge, skills and attitudes. EU. 2022. JRC Publications Repository. DOI: <https://doi.org/10.2760/115376>
39. Wang S., Wang F., Zhu Z., Wang J., Tran T., Du Z. Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 252. 124167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>

Автор заявляє, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає.

В роботі використано ресурс штучного інтелекту ChatGPT та Gemini для пошуку та аналізу літературних джерел.

Отримано: 09.09.2025

Переглянуто: 11.10.2025

Прийнято: 19.10.2025

Опубліковано: 30.11.2025

Mariia Umryk

Phd, associate professor professor department of Information Technology and Programming faculty of Mathematics, Informatics and Physics
m.a.umryk@npu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0396-0045>
Dragomanov Ukrainian State University. Pyrogova str. 9, Kyiv, Ukraine, 02000

DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT FOR TRAINING FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The introduction of artificial intelligence (AI) into all spheres of human life presents new challenges, particularly for the education system. The level of awareness about the work of AI and its potential consequences (the black box of AI) remains intuitive, mainly, despite the widespread use of AI in the educational process by all its participants. It is especially relevant for future computer science teachers. They need to form deep professional competencies in the field of AI. This can be ensured through the design of a modern digital educational environment for training future computer science teachers in the AI era.

The purpose of this article is to theoretically substantiate the construction of a conceptual and predictive model of a digital educational environment for training future computer science teachers in the AI era, identifying the prerequisites and outcomes of its design, key components, and relationships.

Research methods: theoretical (analysis and synthesis of scientific sources, systematization of concepts, classification of components); complex (modeling, conceptual and predictive design).

The article analyzes scientific sources and relevant publications on the topic of the study, specifying the conceptual apparatus. The analysis of the requirements for designing a digital educational environment for training future computer science teachers in the context of AI implementation is carried out. The system of components of the digital educational environment is formulated and substantiated. The authors propose a conceptual and predictive model of the digital educational environment, comprising six interrelated components: spatial-architectural, technological-instrumental, administrative-security, content-methodological, axiological-ethical, and competency-based. The emphasis is on the need to develop appropriate competencies in future computer science teachers in the field of AI to overcome the problem of the black box of AI, the importance of an ethical approach to AI use, the development of critical thinking, and ensuring the human-centeredness of education in the AI era.

The authors conclude that one of the practical tools for updating approaches to training future computer science teachers in the AI era is a modern digital educational environment, which requires targeted design in accordance with new academic challenges.

Keywords: artificial intelligence; future computer science teachers; digital educational environment; Black Box AI.

REFERENCES

1. 5 AI Principles|OECD. (2019). URL: <https://oecd.ai/en/principles>
2. Bykov, V., & Burov, O. (2020). Digital Learning Environment: New Technologies and Requirements for Knowledge Seekers. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems*, (55), 11-22. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-11-22>
3. White Paper on AI Regulation in Ukraine: Vision of the Ministry of Digital Transformation. (2024). URL: <https://storage.thedigital.gov.ua/files/d/9d/0bbc3a705c821a197bedfcdfe00899d.pdf>
4. Study on Digital and AI Literacy in Ukraine | Ministry of Digital Transformation. (2025). URL: https://osvita.diia.gov.ua/uploads/3/16241-doslidzenna_cifrovoi_ta_si_gramotnosti_v_ukraini_2025_pptx_pptx.pdf
5. Guidelines for the Implementation and Use of Artificial Intelligence Technologies in General Secondary Education Institutions (draft) | Ministry of Education and Science of Ukraine. (2024). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf>
6. Kuzminska, O. H. (2020). Theoretical and Methodological Principles for Designing and Applying a Digital Educational Environment for Scientific Communication of Research Master's Students [Doctoral dissertation in Pedagogical Sciences, specialty 13.00.10 «Information and Communication Technologies in Education», National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, State Institution «Taras Shevchenko Luhansk National University»]. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/6375>
7. Morze, N., Umryk, M., & Strutynska, O. (2025). Transformation of Methodological Training of Future Computer Science Teachers in the Context of STEAM Education Implementation in the Age of Artificial Intelligence. *Interdisciplinary Studies of Complex Systems*, 26, 5-27. DOI: <https://doi.org/10.31392/iscs.2025.26.5>
8. Recommendations for the Responsible Implementation and Use of Artificial Intelligence Technologies in Higher Education Institutions | Ministry of Education and Science of Ukraine. (2025). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf>
9. Umryk, M. A., Morze, N. V., & Smyrnova-Trybulska, E. M. (2025). Development of Educators' Competences in the Field of AI Use in the Digital Society. *Electronic Scholarly Journal «Open Educational E-Environment of the Modern University»*, 18, Article 18. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2025.1813>
10. Chumachenko, D., Mishkin, D., Andriienko, O., Krakovetskyi, O., Turuta, O., Dubno, O., Khrushchova, D., Kobryn, A., Avdieieva, T., Kravets, I., Herasymiak, V., Shabanov, O., Bystrytska, A., & the Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (2024). Glossary of Terms in the Field of Artificial Intelligence. [https://thedigital.gov.ua/storage/uploads/files/page/community/docs/Словник%20термінів%20у%20сфері%20ШІ%20\(1\).pdf](https://thedigital.gov.ua/storage/uploads/files/page/community/docs/Словник%20термінів%20у%20сфері%20ШІ%20(1).pdf)
11. AI and education: Guidance for policy-makers | UNESCO. (2025a, April 14). URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-education-guidance-policy-makers>
12. AI and education: Protecting the rights of learners | UNESCO. (2025b). URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-and-education-protecting-rights-learners>
13. AI and the future of education: Disruptions, dilemmas and directions| UNESCO. (2025). URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000395236>
14. AI competency framework for students | UNESCO. (2024). URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-students>
15. AI competency framework for teachers | UNESCO. (2024). URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-teachers>
16. AI Learning Priorities for All K-12 Students|CSTA & AI4K12 (NY: Computer Science Teachers Association). (2025). NY: Computer Science Teachers Association. URL: <https://csteachers.org/ai-priorities/>
17. Artificial intelligence in education| UNESCO. (2025). URL: https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence?utm_source=chatgpt.com
18. Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. IEEE Access. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
19. Chiu, T. K. F. (2024). Empowering K-12 Education with AI: Preparing for the Future of Education and Work. Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003498377>
20. DigComp 3.0 Consultation – AIPioneers|EU. (2025, April 23). URL: <https://aipioneers.org/digcomp-3-0-consultation/>
21. Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators|EU. (2022). Publications Office of the European Union. DOI: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/153756>

22. Ethics guidelines for trustworthy AI | Shaping Europe's digital future|European Commission. (2019, April 8). URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
23. EU. (2025). Empowering Learners for the Age of AI. An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education(Review draft)| OECD. URL: https://ailiteracyframework.org/wp-content/uploads/2025/05/AILitFramework_ReviewDraft.pdf
24. Final report of the Commission expert group on artificial intelligence and data in education and training: A executive summary. (2022). Publications Office of the European Union. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/65087>
25. Future of Jobs Report 2025|WEF. (2025). URL: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf
26. Gomes, B., Ibrahim, L., Matias, Y., Phillips, C., & Manyika, J. (2025). AI and the Future of Learning| Google. URL: https://services.google.com/fh/files/misc/future_of_learning.pdf
27. ISO/AWI 29999/ Education and learning services—Application of Artificial Intelligence (AI) Technology—Ethical Guidelines. (2025). ISO. URL: <https://www.iso.org/standard/54668.html>
28. Lindauer, S. (2024, June 18). AI Literacy: A Framework to Understand, Evaluate, and Use Emerging Technology. Digital Promise. URL: <https://digitalpromise.org/2024/06/18/ai-literacy-a-framework-to-understand-evaluate-and-use-emerging-technology/>
29. Mikeladze, T., Meijer, P. C., & Verhoeff, R. P. (2024). A comprehensive exploration of artificial intelligence competence frameworks for educators: A critical review. *European Journal of Education, 59*(3), e12663. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejed.12663>
30. Morozov, A., & Vakaliuk, T. (2021). An electronic environment of higher education institution (on the example of Zhytomyr Polytechnic State University). *Journal of Physics: Conference Series, 1840*, 012061. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012061>
31. Morze, N., Smyrnova-Trybulska, E., & Umryk, M. (2015). Designing an e-university environment based on the needs of net-generation students. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning, 25*(4), 466-486. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJCEELL.2015.074230>
32. Opportunities, guidelines and guardrails for effective and equitable use of AI in education|OECD-Education International. (2023). OECD Publishing. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/smart-data-and-digital-technology-in-education/Opportunities,%20guidelines%20and%20guardrails%20for%20effective%20and%20equitable%20use%20of%20AI%20in%20education.pdf?utm_source=chatgpt.com
33. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence | UNESCO. (2024, Вересень 26). URL: <https://www.unesco.org/en/articles/recommendation-ethics-artificial-intelligence>
34. Regulating the use of artificial intelligence systems in education|Council of Europe. (2024). URL: <https://rm.coe.int/regulating-the-use-of-artificial-intelligence-systems-education-prepar/1680b29928>
35. Schiff, D. (2022). Education for AI, not AI for Education: The Role of Education and Ethics in National AI Policy Strategies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*(3), 527-563. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00270-2>
36. Shaping the Future of Learning: The Role of AI in Education 4.0|WEF. (2024). World Economic Forum. URL: <https://www.weforum.org/publications/shaping-the-future-of-learning-the-role-of-ai-in-education-4-0/>
37. Tan, X., Cheng, G., & Ling, M. H. (2025). Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*, 100355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100355>
38. Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens – With new examples of knowledge, skills and attitudes|EU. JRC Publications Repository. DOI: <https://doi.org/10.2760/115376>
39. Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications, 252*, 124167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>

The author declares no conflict of interest regarding the publication of this manuscript.

The work uses the artificial intelligence resource ChatGPT and Gemini to search and analyze literary sources.

Submission received: 09.09.2025

Revised: 11.10.2025

Accepted: 19.10. 2025

Published: 30.11. 2025