

Пушкар Олександр, Бобарчук Олександр, Денисенко Світлана, Гальченко Світлана, Злотківська Тетяна. Розділ XVI. Шляхи розвитку штучного інтелекту в освіті 4.0. Штучний інтелект в освіті. Частина 1 : монографія / [авт. колектив]; за ред. Яцишин А. – Київ: ІЦО НАПН України, 2025. – С. 233-256. ISBN 978-617-8330-53-8

РОЗДІЛ XVI. ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТІ 4.0

DOI: 10.33407/lib.NAES.id/748126

Пушкар Олександр^{1[0000-0003-3592-3684]}, **Бобарчук Олександр**^{2[0000-0003-3176-7231]},
Денисенко Світлана^{2[0000-0001-8785-7784]}, **Гальченко Світлана**^{2[0000-0003-0531-1572]},
Злотківська Тетяна^{2[0009-0009-0661-8956]}

¹Харківський Національний економічний університет ім. Семена Кузнеця, Харків,
 Україна,

²Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна
aipvt@ukr.net, oleksandr.bobarchuk@npp.kai.edu.ua

Анотація. Дослідження вивчає еволюцію штучного інтелекту в рамках концепції «Освіта 4.0». Вивчаючи теоретичні основи «Освіти 4.0» та ключову роль ІІІ. Основна увага приділяється створенню персоналізованого навчального контенту та досвіду за допомогою ІІІ, досліджуючи теоретичні та практичні стратегії впровадження. У дослідженні підкреслюється роль «інтелектуального» компонента (освітня, розробники навчальних програм, технічні лідери). Дослідження охоплює розробку програмних компонентів – програмне забезпечення для окулярів доповненої реальності, робочу область для досліджень на основі ІІІ, інноваційний API для представлення навчальних матеріалів. Апаратні компоненти (інтерактивні дошки, окуляри доповненої реальності, вдосконалені датчики руху та спеціалізовані процесори ІІІ) досліджуються для створення інтерактивних та адаптивних навчальних середовищ. Дослідження має на меті переосмислити освітній ландшафт, розширюючи можливості як викладачів, так і здобувачів освіти завдяки трансформаційному потенціалу описаної технології.

Ключові слова: освіта 4.0, штучний інтелект, ІІІ, персоналізоване навчання, цифрова грамотність, brainware, програмне забезпечення, обладнання, інноваційний підхід.

WAYS TO DEVELOP ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION 4.0

Pushkar Oleksandr ¹[0000-0003-3592-3684], Bobarchuk Oleksandr ²[0000-0003-3176-7231],

Denysenko Svitlana ²[0000-0001-8785-7784], Galchenko Svitlana ²[0000-0003-0531-1572],

Zlotkivska Tetiana ²[0009-0009-0661-8956]

¹Kharkiv National University of Economics named after Simon Kuznets, Kharkiv, Ukraine,

²State University “Kyiv Aviation Institute”, Kyiv, Ukraine

Annotation. The research examines the evolution of artificial intelligence within the framework of the Education 4.0 concept. Exploring the theoretical foundations of Education 4.0 and the key role of AI, the focus is on creating personalised learning content and experiences using AI, exploring theoretical and practical implementation strategies. The study emphasises the role of the ‘intelligent’ component (educators, curriculum developers, technical leaders). The study covers the development of software components – software for augmented reality glasses, a workspace for AI-based research, an innovative API for presenting learning materials. Hardware components (interactive whiteboards, augmented reality glasses, advanced motion sensors, and specialised AI processors) are being researched to create interactive and adaptive learning environments. The research aims to redefine the educational landscape, empowering both teachers and students through the transformative potential of the technology described.

Keywords: Education 4.0, Artificial Intelligence, personalised learning, digital literacy, brainware, software, hardware, innovative approach.

Вступ. Концепція «Індустрія 4.0» передбачає впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), цифрового світу як основи її нинішнього існування. Результатом є не лише технологія, але й процедури для підвищення кваліфікації робочої сили через навчання та освіту. Четверта промислова революція, означає автоматизацію промислових процесів, діджиталізацію та використання даних з метою підвищення ефективності та якості виробничих процесів. Індустрія 4.0 впливає і на сфери економіки та освіти [1, 2].

Могутніми драйверами прогресу виступають *Big Data*, хмарні технології (*Cloud Computing*), штучний інтелект (ШІ, *Artificial Intelligence*), Інтернет речей (*Internet of Things*). Ефективне функціонування структур, що працюють із сучасними інформаційними технологіями, потребує побудови відповідної цифрової інфраструктури [3].

Основна мета «Освіти 4.0» - підготувати здобувачів до викликів Індустрії 4.0, дати їм навички та знання, які знадобляться у цифрову епоху. У інноваційній освітній моделі йдеться вже не лише про передачу інформації, а й про розвиток здібностей та оновлення навичок розв'язання проблем. Мета полягає у підвищенні мотивації здобувачів освіти, розвинути індивідуальні навички та покращити результати навчання.

«Освіта 4.0» - це методика навчання, яка фокусується на трансформації майбутнього в освіті за допомогою передових технологій та автоматизації. Смарт-технології, штучний інтелект (надалі – ШІ) і робототехніка є частиною четвертої індустріальної революції [4]. Концепція включає інтерактивні можливості навчання, такі як інтерактивні навчальні матеріали, імерсивні технології, гейміфікація та змішане навчання, для покращення навчального процесу у всіх учасників освітнього процесу.

Аналіз літератури та постановка проблеми. Дослідження Mahyuddin K.M., Udvaros J. et al. висвітлюють вплив новітніх технологій на промисловість та освіту, зокрема в контексті персоналізованого навчання та адаптивних освітніх платформ (N. Joshi; Claned). Праці Всесвітнього економічного форуму підкреслюють важливість розвитку навичок для майбутнього ринку праці, тоді як A.-S. Clemente de Souza та L. Debs досліджують інноваційні підходи в навчанні. Важливим аспектом є забезпечення етичності ШІ, зокрема уникнення алгоритмічних упереджень (A. Banu et al; T. Baer). Технологічні рішення, такі як інтерактивні дошки (NCTE) та AR-окуляри (Iwona Adamska), сприяють інтеграції цифрових інструментів у навчання.

Результати дослідження. Науковцями визначено точки зближення та актуальні теми досліджень в рамках «Освіти 4.0». Основними цілями використання ШІ в «Освіті 4.0» є адаптація навчання до індивідуальних потреб, темпу та стилів навчання

здобувачів освіти; автоматизація повторюваних завдань для звільнення часу викладачів на персоналізацію навчання; забезпечення ефективного зворотнього зв'язку та оцінювання результатів навчання в режимі реального часу, що допомагає здобувачам виявляти та усувати прогалини в знаннях; створення більш цікавого та інтерактивного навчального досвіду; забезпечення нових шляхів доступу до освіти та участі в ній здобувачам освіти з інвалідністю [5].

На рис. 1 показано три найважливіші набори навичок, які «Освіта 4.0» розвиває у сучасних здобувачів освіти: вирішення проблем, співпраця та адаптивність.



Рис. 1. Критично важливі набори навичок, які культивує «Освіта 4.0» [6]

Сучасні рішення зі штучного інтелекту розробляються з урахуванням інтеграції, що дозволяє легко їх впроваджувати в існуючі робочі процеси та системи. Простота застосування полегшує імплементацію розумних технологій, максимізує ефективність у операційних контекстах [7].

У розробці ІІІ використовуються наступні технології.

Машинне навчання. Завдяки цій технології система самостійно виокремлює закономірності з великих обсягів даних, приймає рішення на основі заданих раніше

закономірностей. Для досягнення даного результату в програму вводять навчальні дані, на яких відбувається тренування ШІ [8].

Нейронні мережі. Існує два наукові напрями дослідження нейронних мереж. Перший, класичний, визначає, що нейронні мережі імітують людський мозок і дозволяють ШІ розпізнавати зображення, звуки, тексти та інші дані [8]. Другий напрям, навпаки, підкреслює абсолютну відмінність від принципів роботи людського мозку, і стверджує, що це набір математичних даних та алгоритмів.

Обробка природної мови. В результаті впровадження цієї технології система штучного інтелекту має функціонал для розуміння та генерації текстів природною мовою, особливо для створення чат-ботів та інших програм, які повинні взаємодіяти з людьми за допомогою мови [8].

Комп'ютерний зір. Його корисний потенціал надає можливість системам розпізнавати об'єкти на зображеннях, відео та аналізувати їх зміст.

Технологія робототехніки. Використовується для створення дослідницьких роботів, роботизованих виробничих ліній та інших пристроїв, які можуть виконувати завдання замість людини [8].

Розуміння потенціалу ШІ для вирішення проблем в освітніх системах визначається наступними факторами (рис. 2):

- створення варіантів рішень для задоволення всебічних потреб освітян, створення індивідуальних освітніх подорожей для кожного здобувача освіти;
- вдосконалені процеси оцінювання та прийняття рішень відносно підходів до адаптації навчального контенту, моніторингу прогресу здобувачів, розробки рекомендацій для покращення навчальних результатів та ефективного розподілу освітніх ресурсів, що надає гарантії для більш точної оцінки;
- оптимізація ролей викладачів шляхом розширення та автоматизації, полегшення адміністративних обов'язків, надання можливості більше зосередитися на персоналізованому навчанні та наставництві;
- можливість викладати як за допомогою ШІ, так і про нього, озброюючи

здобувачів освіти необхідними навичками, вміннями та знаннями для майбутнього [9].



Рис. 2. Потенціал ШІ для «Освіти 4.0» (джерело: авторська розробка)

У міру зростання значущості ШІ в сферах діяльності, здобувачі, які володіють знаннями про його можливості та обмеження, демонструють більшу здатність адаптуватися до сучасних умов. Вони отримують широкий інструментарій для обробки великих обсягів інформації, проведення наукових досліджень та формулювання гіпотез. Цифрова грамотність сприяє формуванню висококваліфікованих спеціалістів, здатних ефективно інтегруватися в професійне середовище. Знання принципів функціонування ШІ дозволяє здобувачам освіти використовувати його для персоналізації освітнього процесу, пошуку релевантної інформації, розвитку практичних навичок та отримання цілеспрямованого зворотного зв'язку.

Поява сучасних промислових цифрових технологій створила високий попит на фахівців міждисциплінарного профілю. Вони повинні володіти навичками у сфері автоматизації рутинних операцій, 3D-моделювання та 3D-друку, інтелектуального зондування, роботи з Інтернетом речей, робототехніки, штучного інтелекту, управління даними та кіберфізичними системами [11].

Застосування інструментів ІІІ сприяє розвитку у здобувачах освіти навичок критичного аналізу, розв'язання проблем та скептичного ставлення до припущень. Компетенції є необхідними для об'єктивної оцінки інформації та ефективного використання технологій. Акцент слід робити на підвищенні обізнаності, розвитку допитливості та формуванні фундаментального розуміння, наприклад, навчаючи здобувачів оцінювати надійність джерел, розпізнавати точність інформації.

Персоналізоване навчання з «Освітою 4.0» сприяє розумінню, дозволяє здобувачам отримати дійсно цікаві, більш професійні та запам'ятовуючі матеріали. Як результат, надають можливість здобувачам освіти досягати кращих результатів навчання на основі реальних наукових, професійних інтересів [10].

Напевно, найбільша можливість, яку пропонує ІІІ для персоналізованого навчання, - це здатність надавати здобувачам освіти можливості адаптивного навчання. Платформи на основі штучного інтелекту використовують моделі навчання, щоб надавати індивідуальний, відповідний контент і вправи. Здобувачі освіти, які використовували програми адаптивного навчання, керовані ІІІ, продемонстрували збільшення успішності під час навчального процесу на 62% [11, 12].

Когнітивні системи навчання на основі даної технології фактично забезпечують індивідуальне навчання в режимі реального часу. Використовуючи методи навчання, когнітивні системи навчання можуть надавати персоналізовану допомогу, що призводить до поглибленого розуміння та розвитку навичок критичного мислення [11].

Важливим напрямком є робота з емоційним інтелектом. ІІІ аналізує поведінку та взаємодію здобувачів, щоб виявити потенційні соціально-емоційні проблем, згодом використати отримані дані для надання цільової підтримки та ресурсів для сприяння благополуччю та емоційному інтелекту.

Дослідження гейміфікованих середовищ, збагачених ІІІ, є актуальним напрямком. У дослідженні Янг та ін. вивчали гейміфіковані платформи зі ІІІ, підкреслюючи його роль в персоналізації ігрових сценаріїв для покращення результатів навчання. Вони

стверджують, що платформи можуть зробити навчання не лише індивідуалізованим, але й цікавим для більшого кола осіб [13].

Концепція «Освіта 4.0» стимулює перехід до гібридних моделей навчання, поєднуючи синхронні та асинхронні методи. Моделі забезпечують доступ до знань незалежно від географічного місця розташування, сприяючи розширенню інклюзивності освіти та розвитку глобальної взаємодії. У такому контексті цифрова грамотність не обмежується лише технічними навичками, включає розуміння етичних аспектів використання технологій, управління цифровими даними, кібербезпеку.

До прикладу, навігаційні інструменти можуть підвищити мобільність незрячих або людей з порушенням зору, а програмні технології для відстеження руху очей або розпізнавання голосу допомагають людям з порушеннями слуху або мовлення. Інструменти полегшують спілкування, доступ до інформації та освіти для людей з інвалідністю [14].

У рамках даного питання персоналізація освітнього контенту полягає у ефективній можливості навчання для людей із різними рівнями підготовки та адаптації навчального процесу для людей з особливими можливостями. Наприклад, ІІІ-системи можуть автоматично налаштовувати складність завдань і подавати матеріали у формі, що найбільш зрозуміла для конкретної особи. За допомогою аналізу виразів обличчя, тону голосу або поведінкових патернів, системи можуть виявляти, чи втомився здобувач, чи потребує перерви, і пропонувати відповідні заходи. Інтерактивні платформи та додатки налаштовувати під рівень розуміння здобувача, знижуючи когнітивне навантаження та пропонуючи більш структуровану подачу матеріалу.

Занепокоєння щодо підзвітності, прозорості, конфіденційності даних та ерозії людської автономії підкреслюють необхідність пильного нагляду та критичної оцінки розробки і впровадження ІІІ. Просуваючись складними шляхами еволюції ІІІ, вкрай важливо дотримуватися принципів етичного управління ІІІ і захищати фундаментальні права, щоб не ризикувати передати контроль системам, цілі яких розходяться з інтересами людини [13].

З наукової точки зору, конфіденційність даних вимагає посиленого використання таких інструментів, як анонімізація даних, шифрування, суворого дотримання політик щодо обробки персональної інформації, зокрема Загального регламенту захисту даних (GDPR) у Європі.

На основі проведених досліджень [14, 15] для запобігання алгоритмічній упередженості запропоновано підходи:

- збір даних, що відображають реальну різноманітність, включно з різними культурами, етнічними групами та рівнями успішності, щоб зменшити ризик упередженості;
- періодична перевірка алгоритмів на предмет упередженості допомагає забезпечити рівність у доступі до можливостей і правильність оцінок для всіх здобувачів освіти.

Впровадження «Освіти 4.0» є необхідним на восьми рівнях кваліфікації для розвитку цифрової грамотності, адаптації до швидких змін у професійній сфері та формування компетенцій майбутнього. На першому рівні кваліфікації завдання – формування елементарних знань і навичок роботи з цифровими пристроями та розуміння основ безпечної поведінки в цифровому середовищі. На другому рівні орієнтовано на розвиток здатності використовувати цифрові інструменти для вирішення повсякденних завдань, що передбачає навчання основам пошуку інформації, використанню цифрових інструкцій та базових програмних засобів, застосування ІІІ через інтерактивні навчальні системи.

Використання елементів на третьому рівні забезпечує обробку інформації, навчання основам автоматизації процесів. На четвертому рівні кваліфікації «Освіта 4.0» допомагає розвивати вміння користуватися спеціалізованим програмним забезпеченням для управління завданнями, аналізувати результати роботи за допомогою аналітичних платформ на основі ІІІ.

П'ятий рівень кваліфікації забезпечує можливість застосування ІІІ для оптимізації процесів, проведення аналізу даних і розробки інноваційних рішень, спрямованих на

підвищення ефективності професійної діяльності. Шостий рівень забезпечує розвиток майстерності в управлінні складними проєктами, критичному осмисленні методів аналізу даних, використання ІІІ для стратегічних рішень.

Сьомий рівень забезпечує доступ до новітніх технологій ІІІ для проведення дослідження, моделювання процесів та створення інноваційних рішень. На восьмому рівні кваліфікації використання ІІІ дозволяє проводити глибокі наукові дослідження, аналізувати великі обсяги даних, моделювати складні процеси.

Практична реалізація. Розглянуто шляхи практичної реалізації всіх вищезазначених положень. Основний фокус спрямовано на три компоненти практичної реалізації: *Brainware*, *Software* та *Hardware* (рис. 3).



Рис. 3. Ресурсні складові для впровадження ІІІ в освіту

Сукупність програмних і технічних засобів дозволяє зробити його інформаційним, коли кожен має можливість отримати практично будь-яку (за винятком таємної, наприклад, NDA) інформацію, що його цікавить.

В даному випадку термін *brainware* означає людські знання та досвід, необхідні для ефективного використання ІІІ в освіті, спеціалістів, хто буде впроваджувати

технологічні рішення. У сукупності вони забезпечують всебічну інтеграцію ІІІ в освітню систему.

Освітняни застосовують інструменти ІІІ для персоналізації навчального процесу, автоматизації рутинних завдань і створення інтерактивних матеріалів, що сприяють розвитку критичного мислення учнів. Основна функція полягає у використанні новітніх технологій для підвищення якості освіти, зокрема через формування індивідуальних навчальних планів та залучення здобувачів освіти до роботи з сучасними технологіями.

Методисти з розробки освітніх програм відповідають за адаптацію навчальних планів до нових викликів ери цифровізації. Вони розробляють методичні рекомендації, інтегрують цифрові інструменти в освітній процес, співпрацюють із технічними експертами для впровадження сучасних технологій у навчальні програми. Їхня діяльність спрямована на створення освітнього середовища, яке відповідає вимогам суспільства майбутнього.

Спеціалісти з аналізу освітньої ефективності забезпечують науковий підхід до оцінки результативності впроваджених інновацій. Вони займаються збором і аналізом даних, оцінюють вплив ІІІ на успішність студентів і розробляють метрики для вимірювання ефективності навчальних програм. Завдяки їхній роботі виявляються проблеми та визначаються шляхи оптимізації освітнього процесу, що сприяє підвищенню його якості.

Chief Technical Officer або технічний директор є фігурою в управлінні технічними аспектами впровадження ІІІ в освіту. Він відповідає за розробку та реалізацію технічної стратегії, управління командою технічних фахівців, захист даних та підтримку ефективного функціонування платформ для онлайн-освіти. СТО тісно співпрацює з педагогами та методистами, адаптуючи технології до навчальних цілей.

Проблема. Освітнянам часто бракує часу та ресурсів для створення інноваційних, персоналізованих навчальних планів з нуля.

Рішення. Розробка платформи на основі штучного інтелекту, яка генерує навчальні програми та плани уроків на основі різних параметрів.

Роль компонентів *Brainware* у даному рішенні. Викладачі, які вільно володіють навичками для ефективної роботи з ІІІ, визначають навчальні цілі та результати, надають експертні знання, оцінюють і вдосконалюють плани, створені ІІІ. Розробники навчальних програм розробляють алгоритми та моделі для створення навчальних програм і планів уроків, забезпечують відповідність стандартам навчання та педагогічним принципам.

Аналітики даних аналізують дані про здобувачів освіти, щоби вносити корективи в навчальні програми та плани уроків, оцінювати ефективність планів, згенерованих ІІІ. Технічний директор або менеджер розробляє, підтримує платформи для навчання з застосуванням штучного інтелекту, забезпечує конфіденційність та безпеку даних.

Можливості платформи на основі штучного інтелекту

1. Створення комплексних навчальних планів на основі стандартів навчання, конкретних цілей навчального закладу та внутрішньої документації навчального закладу; структури навчальних планів (проектні, дослідницькі, тематичні); кастомізація на основі даних, здібностей, інтересів здобувачів.
2. Створення детальних планів занять, узгоджені з цілями навчальної програми; залежні від варіантів різних стилів і способів навчання (очно, онлайн, змішані); пропонує відповідні стратегії навчання та види діяльності; включає в себе оцінювання та механізми зворотного зв'язку, створені ІІІ.
3. Доступ до великої бібліотеки високоякісних освітніх ресурсів; кураторство контенту на основі вимог плану уроку та потреб здобувачів освіти для створення на основі завантаженого власного контенту.

У даному випадку ІІІ виконує адміністративні завдання – виставлення оцінок, складання розкладу/плану, дозволяючи викладачам зосередитися на персоналізованому навчанні, взаємодії зі здобувачами освіти. Крім того, він аналізує дані про успішність здобувачів освіти, надає негайний персоналізований зворотний зв'язок для швидкого покращення результатів навчання.

Software. Оскільки *Software* працює разом з *Brainware*, важливо підкреслити, що для ефективного використання ІІІ в навчальному процесі слід спиратися на два основні напрямки: вже створені зразки для використання викладачами, тренінги готових систем та генератор кейсів. Напрямки пояснюються особливостями, розглянутими в частині про *Brainware*.

Окуляри доповненої реальності накладають цифровий контент на реальний світ, створюючи інтерактивний навчальний досвід. З їх допомогою здобувачі бачать 3D-моделі реконструкції історичних подій, досліджують Сонячну систему, не відриваючись від навчального місця та джерел літератури, тобто, співпрацюють з віртуальним середовищем на основі реального. Програмне забезпечення, що функціонує на основі штучного інтелекту, реагує на увагу здобувача освіти, надаючи відповідну інформацію, анімацію або симуляції. У напрямку персоналізованого навчання програмне забезпечення на основі штучного інтелекту інтегрує навчальний процес відповідно до потреб здобувача освіти. Наприклад, якщо здобувач не може розібратися з певним поняттям з хімії, окуляри доповненої реальності можуть проектувати додаткові пояснення або візуалізації, коли він зосереджується на цьому понятті.

Гейміфікація навчального процесу – підхід, який використовує ігрові механіки для підвищення мотивації, залучення та ефективності навчання. Гейміфікація стимулює вироблення дофаміну, що підвищує мотивацію, покращує засвоєння матеріалу. Включення таких елементів, як бали, рівні, нагороди, таблиці лідерів, робить процес навчання більш захопливим. ІІІ, у свою чергу аналізує прогрес здобувача в реальному часі, визначає слабкі місця та адаптує завдання відповідно до рівня складності, який найбільше підходить. Наприклад, система пропонує додаткові підказки для тих, хто стикається з труднощами, підвищує рівень складності для більш обізнаних користувачів.

Застосуванням даного інструменту у навчальному процесі сприяє розвитку навичок 21-го століття, таких як критичне мислення, співпраця, креативність і вирішення проблем, що є основоположними для «Освіти 4.0». Інтерактивні симуляції, яку моделюють реальні життєві ситуації, дозволяють експериментувати та робити

помилки в безпечному середовищі. Наприклад, платформи з вбудованим ШІ створюють сценарії, які відображають складні виклики, що виникають у професійних сферах. Окрім істотних переваг постають суттєві виклики, як приклад, етичне питання, наскільки глибоко системи ШІ аналізують дані осіб без порушення конфіденційності, важливим є і ризик надмірної залежності від ігрових елементів.

В рамках даного дослідження автори цієї роботи вводять нові поняття.

1. Робочий простір на основі штучного інтелекту – це віртуальна лабораторія (середовище для моделювання), тобто цифрова платформа, на базі якої дослідники проводять експерименти, тестування та вдосконалюють теорії без обмежень фізичного світу.

2. Симульований світ – це система, де користувачі маніпулюють змінними, спостерігають за результатами. Платформа генерує величезні обсяги даних для підтримки експериментів та аналізу. Вдосконалені алгоритми штучного інтелекту обробляють, аналізують дані, виявляють закономірності та роблять прогнози. Simulation Engine створює динамічні та інтерактивні симуляції на основі користувацьких даних. Користувачі можуть візуалізувати складні дані та результати моделювання в довільних типах представлення даних (графіки, діаграми, 3D-моделі). Кілька користувачів можуть спільно працювати над проектами, обмінюватися даними та співпрацювати в експериментах.

Завдяки алгоритмам машинного навчання та технологій ШІ, віртуальні лабораторії створюють реалістичні моделі складних систем, таких як кліматичні процеси, біологічні, фізичні явища, відтворюючи умови, які у реальному світі були б складними, небезпечними або надто дорогими. Іншою корисною перевагою є те, що ШІ забезпечує ефективний аналіз великих обсягів даних, автоматизуючи їх обробку, пошук закономірностей і формулювання прогнозів. Наприклад, у біомедичних дослідженнях платформи, побудовані на базі ШІ, допомагають дослідникам визначати оптимальні хімічні сполуки для створення ліків, зменшуючи час і ресурси, необхідні для лабораторних експериментів. Крім того, ці системи є адаптивними, тобто тими, які

налаштовують середовище під потреби конкретного користувача, пропонуючи оптимальні інструменти, релевантні дані чи навіть нові напрями для досліджень на основі вже отриманих результатів.

Віртуальні лабораторії оптимізують рутинні процеси, дозволяючи зосередитися на аналізі результатів та створенні інноваційних ідей або винаходів. Наприклад, автоматизація таких завдань, як візуалізація даних, пошук оптимальних параметрів для експерименту, перевірка гіпотез, значно скорочує час на підготовку. ІІІ виступає «інтелектуальним помічником» дослідників для вирішення складних завдань.

Не менш важливим є питання створення безпеки експериментів. Наприклад, у галузі авіаційної інженерії доцільно проводити симуляції ризикованих сценаріїв у безпечному цифровому середовищі. Крім того, використання платформ допомагає зменшити навантаження на реальні ресурси, роблячи дослідження більш екологічними та економічно вигідними.

З практичної точки зору процес виглядає так, що дослідники розробляють гіпотезу, теорію. Віртуальну лабораторію налаштовують так, щоб імітувати умови запропонованого експерименту. Платформа генерує дані на основі параметрів симуляції. ІІІ-моделі аналізують дані для виявлення закономірностей, тенденцій, кореляцій. На основі отриманих результатів дослідники проводять коригування. Процес повторюється багато разів для покращення та отримання фінального результату дослідження.

Переваги застосування віртуальної лабораторії на основі штучного інтелекту є швидке тестування та ітерації теорій; зменшення витрат, пов'язаних з фізичними експериментами; експерименти зі шкідливими або небезпечними умовами без ризику; ефективна обробка великих масивів даних; контроль експериментальних змінних та умов; співпраця між дослідниками в режимі реального часу.

Робочий простір на основі ІІІ – складна система, побудована на взаємопов'язаних технологіях. Автори цієї статті вважають, що серцем системи є *Simulation Engine*. Він створює віртуальні середовища на основі математичних моделей. Компонент *Data Generation* створює величезні обсяги даних для наповнення моделей штучного

інтелекту. Наприклад, генератори випадкових чисел використовуються для створення випадкових точок даних. Генерація шуму використовується для введення випадковості в систему, імітуючи реальні умови. Моделі штучного інтелекту є мозком операції. Машинне навчання використовується для пошуку закономірностей у даних, прогнозування. Глибоке навчання призначене для роботи зі складними закономірностями та великими наборами даних.

Візуалізація як компонент представляє дані та результати моделювання у зрозумілому для людини форматі. Бібліотеки візуалізації даних створюють діаграми та інфографіки. Рушії 3D-візуалізації представляють складні структури та середовища. Інтеграція віртуальної реальності (*VR*) та доповненої реальності (*AR*) забезпечує ефект занурення (імерсивний досвід).

З практичної точки зору, дослідники визначають математичні моделі, які представляють систему, що їх цікавить; *Simulation Engine* налаштовує віртуальне середовище на основі моделей; система генерує дані за допомогою симуляцій або інших методів; моделі штучного інтелекту навчаються на згенерованих даних, щоб вивчати закономірності та взаємозв'язки; користувачі взаємодіють з робочим простором, запускаючи симуляції, аналізуючи результати; результати представлені візуально, щоб полегшити розуміння.

Інший напрям (як інструмент) – мультимодальний ШІ, який виступає одним із найбільш перспективних інструментів трансформації освітнього процесу. Його можливості обробки, інтеграції різнорідних даних – текстових, аудіовізуальних, графічних і сенсорних – створюють основу для впровадження інноваційних освітніх підходів, які поєднують персоналізацію, інтерактивність та інклюзивність навчання.

Мультимодальна модель призначена для одночасної обробки декількох форм сенсорного введення, подібно до того, як людина пізнає світ, на відміну від традиційних одноmodalьних ШІ-систем, навчених виконувати певне завдання на основі однієї вибірки даних. Навчання передбачає об'єднання розрізнених даних, зібраних з різних датчиків і вхідних даних, в єдине [17].

Крім того, мультимодальний ІІІ створює унікальні можливості для імерсивного навчання через інтеграцію тексту, зображень, відео та моделювання віртуальних середовищ. Особливої актуальності набуває для таких галузей, як медицина, інженерія, архітектура, у яких віртуальна, доповнена реальність відтворюють реальні сценарії та створюють необхідні умови для здобуття практичного досвіду без ризику з точки зору небезпеки. Важливим аспектом впровадження мультимодального ІІІ є його інтеграція з іншими сучасними технологіями, такими як Інтернет речей, хмарні платформи та блокчейн. Завдяки інтеграції створюються динамічні освітні середовища, які забезпечують гнучкість, масштабованість навчального процесу. Наприклад, ІоТ-технології застосовувати для моніторингу прогресу студентів, блокчейн – для захисту освітніх даних, сертифікатів [18].

Особливу увагу слід приділити застосуванню мультимодального ІІІ для інклюзивної освіти. Системи розпізнавання мовлення, тексту та жестів забезпечують доступність навчальних матеріалів для студентів із різними потребами, включаючи осіб із порушеннями слуху чи зору. Автоматизація субтитрування, переклад жестової мови та інші мультимодальні інструменти роблять освітній процес більш універсальним і доступним. Суттєво змінюються і підходи до оцінювання завдяки аналітиці навчання (*Learning Analytics*) та мультимодальним методам. Традиційні текстові тести замінюються більш комплексними підходами, які враховують вербальні, графічні та поведінкові реакції студентів. Дозволяє отримати багатовимірну картину знань і навичок, створювати більш об'єктивні інструменти оцінювання. У цьому контексті мультимодальний ІІІ сприяє формуванню суспільства знань, де технології виступають не лише інструментом навчання, а й засобом створення нових можливостей для сталого розвитку.

Під час навчального процесу викладачі та здобувачі освіти мають справу з величезною кількістю інформації, яка складається з різних форм представлення, наприклад, текстової, аудіо-, відео-, візуальної. Виходячи з окреслених вимог, програмне забезпечення повинно підтримувати, коректно працювати з усіма типами інформації.

Програмне забезпечення на основі ІІІ відповідає опису завдяки моделям «текст-зображення», «текст-аудіо», «текст-відео», «зображення-аудіо» тощо. Використовуючи ці моделі усі учасники освітнього процесу вільно та зрозуміло обмінюються необхідною інформацією. Такого рішення можна досягти шляхом розробки уніфікованого *API*. Здобувачі освіти матимуть однаковий функціонал для всіх додатків, але з даними, які базуються на конкретних навчальних предметах. Наприклад, здобувач вивчає предмет, тісно пов'язаний з географією, ландшафтом Землі тощо, додаток на основі ІІІ на запит «Карпати» створює відповідь з текстом (інформацією про них), фото та відео для кращого розуміння. На наступному занятті здобувачі вивчають фізику, додаток (навчений на інших даних, але з тим самим інтерфейсом) на запит «гравітація» створює відповідь з текстом, фотографією та формулами для кращого розуміння. Перевага полягає в тому, що для різних сфер знань здобувач освіти має майже ідентичний за інтерфейсом сервіс, тому він не втрачає концентрацію та фокус на використанні різних сервісів.

Вищезгадані рішення за своєю суттю об'єднують такі цілі «Освіти 4.0», як адаптивні навчальні платформи, інтелектуальні системи репетиторства, інструменти для вивчення мов та робота з цифровою грамотністю.

Hardware. Згідно з описаними раніше рішеннями в *Software* (частково в *Brainware*), необхідним обладнанням є інтерактивні дошки та окуляри доповненої реальності (*AR*-окуляри). У більшості випадків елементи використання ІІІ для побудови технічних рішень для апаратних компонентів трикутника (*Brainware-Software-Hardware*) є комерційною таємницею компаній-виробників і захищені патентами. Нерозголошення або обмежене поширення такої інформації дозволяє виробникам отримати додаткові маркетингові переваги та додатковий прибуток на деякий час порівняно з конкурентами, які не володіють цими технологічними інноваціями.

Інтерактивна дошка (*IWB – Interactive Whiteboard*) - велика сенсорна інтерактивна дошка, яка у поєднанні з комп'ютером та цифровим проектором полегшує інтерактивну роботу з ІКТ. Прикріплюючи інфрачервоні скануючі пристрої до звичайної дошки або

пласкої поверхні, можна досить просто отримати інтерактивну дошку. Відстеження кольору та візерунків ґрунтується на використанні спеціальних закодованих ручок (стилусів), кожна з яких має унікальний закодований світловідбиваючий комір, який дошка використовує для визначення її кольору та положення [19].

Інтерактивна дошка прямої проєкції на основі інфрачервоної технології дозволяє декільком користувачам одночасно працювати на всій поверхні дошки без поділу робочого простору. Для малювання доступна вся активна поверхня дошки. Можливість працювати з дошкою (малювати, керувати програмами без обмежень) будь-яким предметом, що не має елементів живлення, пальцем, долонею і не потребує використання спеціальних маркерів та інших елементів керування [20].

Згадані вище інтерактивні дошки можуть розпізнавати до 20 точок дотику одночасно. За допомогою технології ІІІ можна спростити метод розпізнавання точок дотику та передачу даних на комп'ютер, адже традиційно для цього процесу використовується складний математичний розрахунок. Тож, можна додати принцип, за яким буде розпізнаватися точка дотику, який саме дотик був здійснений. Спрощення та автоматизація процесу досягається завдяки використанню машинного навчання, але необхідні дві основні умови: швидкісний інтернет та системи хмарних обчислень. Крім того, система повинна бути навчена на спеціальній порції даних, щоб розрізняти, чи був цей дотик прийнятним (і як він був здійснений), чи неприйнятним. Описаний процес демонструє практичне застосування апаратного забезпечення (в даному випадку *IWB*) та використання переваг програмного забезпечення на основі ІІІ.

Іншим напрямом застосування корисних переваг для навчального процесу є окуляри доповненої реальності. На відміну від гарнітур віртуальної реальності, які переносять користувача в інший світ, AR-окуляри накладають шар цифрового контенту на реальний світ. Цифровий шар варіюється від простого відображення даних, таких як погода або сповіщення, до складних 3D-моделей та анімації. Бездоганно інтегрований візуальний цифровий контент покращує сприйняття та розуміння користувачем навколишнього світу [21].

Окуляри доповненої реальності використовують фронтальну камеру в поєднанні з програмним забезпеченням, яке розпізнає орієнтири та точки [22]. Ідея використання ІІІ в окулярах доповненої реальності є продовженням описаної раніше тези в частині програмного забезпечення про персоналізований досвід навчання. Адже за допомогою напівпрозорих окулярів формується додаткове віртуальне оточення, синтезоване ІІІ в реальному просторі.

Наприклад, для застосування окулярів здобувачами-архітекторами, при застосуванні програми та окулярів доповненої реальності, призначеної для декорування будинку, вона розпізнає такі речі, як рама вікна або кут з'єднання двох стін разом. На основі даних програма генерує зображення елементів дизайну та «розміщує» їх у полі зору, проектуючи на лінзи окулярів. Завдяки інтеграції мікрофона, AR-окуляри мають функціонал для спілкування з *Alexa* або *Siri* під час голосового пошуку, результати з'являтимуться прямо перед очима. Використовуючи алгоритми одночасної локалізації та картографування (*SLAM*), окуляри доповненої реальності оцінюють місцевість навколо, щоб користувач (в даному випадку здобувач освіти) використовував жести рук для управління зображеннями. Повідомлення, які з'являються в полі зору, можна помітити і проаналізувати, не відриваючись від процесу. Завдяки інтегрованим технології GPS віртуальні стрілки з'являтимуться в полі зору користувача та допоможуть знайти певний координований напрям.

У переліку шляхів розвитку ІІІ в апаратному забезпеченні є *Microsoft Kinect* - лінійка пристроїв введення, що реагують на рухи та жести тіла, комбінації. Пристрої використовують комбінацію камер, інфрачервоних проєкторів та детекторів. Користувачі взаємодіють з додатками без необхідності використання традиційного контактного засобу введення даних, таких, як клавіатури, миші, джойстики, ігрові панелі тощо. *Kinect* використовують для інших цілей, наприклад, для керування комп'ютерами, навігації по меню і навіть для здійснення відеодзвінків. *Kinect* використовується в освітніх програмах, таких як вивчення мов та інтерактивні навчальні ігри.

Поширена технологія проведення інтерактивних лекцій, доповідей та презентацій передбачає використання екрана та проекційного обладнання. Доповідач потребує допомоги асистента для управління презентацією, або керує самостійно за допомогою комп'ютерної клавіатури чи миші, що не завжди зручно, оскільки відволікає доповідача від процесу презентації. Натомість, використовуючи пристрої типу *Kinect* можна побудувати інтерактивну систему, в якій ведучий є активним учасником презентації. Зображення тіла інтегровано в презентацію в режимі онлайн. Ставши частиною зображення, що проектується на екран, доповідач керує презентацією дистанційно, рухаючи руками, натискаючи відповідні віртуальні кнопки, використовуючи віртуальну указку [23, 24]. Апаратне забезпечення системи включає проекційний екран, проектор, комп'ютер для управління системою з бездротовою клавіатурою і мишею, підключений до комп'ютера оптичний сенсор *Microsoft Kinect for Xbox 360*.

Azure Kinect DK оснащений датчиками глибини (для сприйняття відстані), високоякісними мікрофонними масивами (для просторового звуку), *RGB*-камерою (для зйомки кольорових зображень), датчиком руху (для відстеження орієнтації). Датчики та інші апаратні складові збирають чималий обсяг даних, але так звана «магія» відбувається за допомогою ШІ. *Azure Kinect DK* використовує алгоритми ШІ, щоб об'єднати інформацію з усіх датчиків. *DK* постачається з наборами для розробки програмного забезпечення (*SDK*), які надають доступ до функціональних можливостей пристрою [25].

Сенсор *SDK* надає доступ до відкаліброваних даних, необхідних для побудови точних *AI*-моделей. Елемент *Body Tracking SDK* використовує ШІ для відстеження людського тіла в реальному часі в 3D-просторі. Він ідентифікує частини тіла, відстежує їх рух, навіть оцінює пози. *Azure AI Speech SDK* інтегрується з хмарними службами розпізнавання мови *Azure*. ШІ використано для перетворення розмовної мови на текст для кращої взаємодії.

Описана технологія має продовження в технологічних рішеннях *Xiaomi AR Motion* – аналог *Microsoft Kinect* для смарт-телевізорів. Пристрій призначений для

розпізнавання рухів людини в повний зріст і передачі їх ігровому персонажу. Для цього використовується лише надширококутна камера, алгоритми ШІ [25].

Одним з надзвичайно актуальних напрямів є сфера робототехніки. *Hardware*-компоненти роботів, доповнені алгоритмами ШІ, створюють інноваційні платформи для вивчення принципів робототехніки, механіки, програмування та автоматизації через практичний досвід роботи з реальними пристроями. Ключовою складовою є інтелектуальні сенсорні платформи. Оснащені датчиками, які керуються алгоритмами ШІ, роботи збирають, обробляють, аналізують дані з навколишнього середовища в реальному часі. Завдяки алгоритмам оптимізації руху на основі ШІ роботи стають здатними адаптувати свої дії до нових умов, забезпечуючи високу ефективність і демонструючи принципи динаміки та кінематики. Особливої важливості набувають для навчальних цілей. Здобувачі освіти вивчають робототехнічні процеси через виконання завдань у контрольованих умовах.

Інтеграція роботів через Інтернет речей є новаторським напрямом у межах «Освіти 4.0». Використання ШІ створює мережеві середовища, декілька роботів взаємодіють один з одним, моделюючи складні виробничі процеси, дослідницькі сценарії. *Hardware*-компоненти з інтегрованими системами ШІ підтримують самоаналіз, самоконтроль. Інтегровані платформи є ефективними інструментами для навчання в *STEM*-напрямах через можливість досліджувати взаємодію між апаратним забезпеченням і алгоритмами, які реалізують завдання, наприклад, обробку сигналів, розпізнавання об'єктів, побудову навігаційних карт.

Висновки. Інтеграція штучного інтелекту в «Освіту 4.0» відкриває трансформаційні можливості для революційних змін у навчанні. Синергія теоретичних основ, технологічних досягнень і педагогічних інновацій підкреслює потенціал ШІ для персоналізації освіти, покращення результатів навчання та оптимізації ролі викладачів. Розробка платформи для створення навчальних програм на основі штучного інтелекту в поєднанні з інноваційними програмними та апаратними рішеннями пропонує практичний шлях до реалізації концепції «Освіти 4.0».

Практична реалізація є наріжним каменем трансформації. *Brainware*, що включає освітян, методистів з розробки освітніх програм, спеціалістів з аналізу освітньої ефективності, *Chief Technical Officer* (СТО, Технічний директор), відіграє важливу роль в успішному впровадженні штучного інтелекту в «Освіті 4.0». Важливим є спільний підхід, який використовує досвід фахівців.

Програмний компонент відіграє у створенні інтерактивного навчального середовища з ефектом присутності. Розробка програмного забезпечення для окулярів доповненої реальності та робочого простору на основі штучного інтелекту полегшує проведення інноваційних досліджень та перевірку гіпотез. Крім того, API для представлення навчальних матеріалів незалежно від наукового напрямку сприяє інтероперабельності та доступності освітніх ресурсів.

Апаратний компонент забезпечує інфраструктуру для навчання з використанням штучного інтелекту. Інтерактивні дошки нового покоління, окуляри доповненої реальності, сучасні датчики руху та спеціалізовані III-процесори створюють динамічне та цікаве навчальне середовище.

Список джерел

1. Mahyuddin K. M. Industry 4.0, IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2020. URL: <https://surl.li/wgixhoq>
2. J. Udvaros, M. Guban, A. Gubanl, A. Sandor, Industry 4.0 from the perspective of Education 4.0 Budapest Business School, 2023, IJANSER. URL: <https://surl.li/tmqaox>
3. Бобарчук О.А., Злотківська Т.В. Україна як цифровий хаб для створення застосунків зі штучним інтелектом / XIV Міжнародна науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» / Національний авіаційний університет. К.: НАУ, 2023.
4. N. Joshi, Understanding Education 4.0. The Machine Learning-Driven Future of Learning, 2022. URL: <https://surl.li/nbzshc>
5. A.-S. Clemente de Souza, L. Debs. Concepts, innovative technologies, learning approaches and trend topics in education 4.0, 2024. URL: <https://surl.li/fczkug>
6. Всесвітній економічний форум, Education 4.0: 3 skills that students will need for the jobs of the future, 2023. URL: <https://surl.li/adscrl>
7. Н. Червінська. Трендові III, які формують креативну індустрію, 2024. URL: <https://surl.li/thotdg>
8. ItProger, Принципи роботи сучасного AI. URL: <https://surl.li/lzbreh>

9. Всесвітній економічний форум, Формування майбутнього навчання: Роль III в освіті 4.0, 2024. URL: <https://surl.li/pqnkia>
10. D. Joseph, S Singaravelan, Digital Revolution of Education 4.0, 2023. URL: <https://surl.li/ftemhl>
11. Claned, The Role of AI in Personalized Learning, 2024. URL: <https://surl.li/tfvvhi>
12. Harvard. Machine Learning, Knewton Personalizes Learning with the Power of AI. By MMD, Alumni, 2021. URL: <https://surl.li/oskbpn>
13. Md. Rashed Khan. Role of AI in Enhancing Accessibility for People with Disabilities, 2024. URL: <https://surl.li/rgwfaq>
14. A. Banu, I. Deniz, D. Nancy. Preventing Algorithmic Bias in the Development of Algorithmic Decision-Making Systems: Delphi Study, 2020. URL: <https://surl.li/cpsnoo>
15. T. Baer. Understand, Manage, and Prevent Algorithmic Bias. A Guide for Business Users and Data Scientists Book, 2019. URL: <https://surl.li/mbtljs>
16. Maher Joe Khan Omar Jian, Personalized learning through AI, 2023. URL: <https://surl.li/lfnxzq>
17. Бобарчук О.А., Злотківська Т.В. Інноваційний розвиток штучного інтелекту через мультимодальний підхід / Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2024): збірник матеріалів міжнародної наукової конференції (Київ, 1-2 березня 2024 р.) [Електронний ресурс] / [упоряд: А. Яцишин, В. Матусевич, В. Коваленко]. Київ: УкрІНТЕІ, 2024. С.327-331.
18. Бобарчук О.А., Злотківська Т.В. Мультимодальний штучний інтелект як двигун для роботи з інформацією в галузі освіти / Сучасні міжнародні відносини: актуальні проблеми теорії і практики: матеріали конференції / Національний авіаційний університет. К.: НАУ, 2024. С.554-562.
19. NCTE, Інтерактивні дошки, Рекомендаційний лист. URL: <https://surl.li/dcgtsv>
20. Інститут новітніх технологій в освіті, Інтерактивна дошка ePresenter EP-84T (модель L). URL: <https://surl.li/bvctki>
21. Iwona Adamska, AR glasses use cases: unlocking potential across industries, Industry 4.0, 2023. URL: <https://surl.li/vloxld>
22. All About Vision: R. Woods, What are augmented reality glasses?, 2021. URL: <https://surl.li/mlysfl>
23. Microsoft, Azure Kinect DK documentation. URL: <https://surl.li/tbdiln>
24. Алексеев В., Бобарчук О.А., Яременко В.А., Інтерактивна система трекінгу спікерів, Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності, науково-практична конференція, 3 листопада 2011: тези К.: НАУ, 2011. С.10.
25. Головний редактор, Технофан, Український цифровий дайджест, Xiaomi анонсувала аналог Microsoft Kinect, 2023. URL: <https://surl.lu/ugtubn>