

Кушнарєва Наталія

<https://orcid.org/0000-0002-7588-7967>

Кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри технологічної освіти та інформатики,
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка
(м. Чернігів, Україна) E-mail: natashaakushnareva@gmail.com

Кукоба Олександр

<https://orcid.org/0009-0002-6667-6356>

Аспірант кафедри технологічної освіти та інформатики,
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка
(м. Чернігів, Україна) E-mail: alekskukoba@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ ТРАЄКТОРІЙ В ПРОФЕСІЙНІЙ ОСВІТІ

У статті розглянуто роль штучного інтелекту в професійній освіті як інноваційного інструменту для реалізації персоналізованого навчання. Проаналізовано сучасні концепції та моделі адаптивного контенту, а також досвід використання ШІ-технологій у різних закладах освіти.

Визначено ключові напрями впровадження адаптивних алгоритмів, чат-ботів і аналітики навчального процесу для створення індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів професійної освіти. Окрему увагу приділено вітчизняним і міжнародним прикладам застосування, що демонструють ефективність персоналізації навчання.

Особливу увагу приділено основним викликам та бар'єрам застосування штучного інтелекту у професійно-технічній освіті – від технічної інфраструктури до етичних аспектів – і окреслено перспективи подальших досліджень у напрямку розробки гібридних моделей навчання та нормативного регулювання використання ШІ у професійній освіті.

Мета роботи – дослідження можливості застосування штучного інтелекту у професійній освіті для формування індивідуальних освітніх траєкторій здобувачів освіти.

Методологія. У дослідженні використано методи аналізу наукових джерел і публікацій, порівняльного аналізу можливостей освітніх платформ, узагальнення прикладного досвіду впровадження ШІ-технологій у закладах професійно-технічної освіти, експертного оцінювання потенціалу персоналізованих моделей.

Наукова новизна полягає в узагальненні інструментів штучного інтелекту, що впливають на персоналізацію освітніх траєкторій у системі професійної освіти. Також запропоновано структурну модель їх впровадження, визначено бар'єри та перспективи застосування ШІ для індивідуалізації навчання в українських закладах ПТО.

Висновки. У результаті проведеного дослідження підтверджено, що застосування штучного інтелекту в професійно-технічній освіті відкриває нові можливості для формування гнучких та адаптивних освітніх траєкторій, які враховують індивідуальні особливості здобувачів та їхній рівень підготовки. Проаналізовані концепції адаптивного контенту, досвід роботи чат-ботів і аналітичних платформ показали, що інтеграція таких рішень сприяє підвищенню мотивації, ефективності засвоєння матеріалу та швидшому реагуванню викладачів на потреби студентів. Водночас виявлено, що реалізація проєктів із ШІ потребує не лише модернізації технічної інфраструктури та підготовки кадрів, а й розробки чітких нормативно-правових механізмів для захисту даних і забезпечення етичності використання технологій. Запропонована структурна модель впровадження дає практичні орієнтири для українських закладів ПТО та створює основу для подальших досліджень у галузі гібридних навчальних систем та стандартів регулювання ШІ в освітньому середовищі.

Ключові слова: штучний інтелект, персоналізоване навчання, професійна освіта, адаптивне навчання, освітня траєкторія.

Актуальність дослідження. Сучасна професійна освіта України перебуває у стані трансформації, що зумовлено як глобальними цифровими змінами [5], так і локальними викликами, пов'язаними із соціально-економічною нестабільністю, воєнним станом, демографічною кризою. У цьому контексті особливої актуальності набувають питання забезпечення якості освіти та адаптації освітнього процесу до потреб ринку праці й індивідуальних особливостей здобувачів освіти. Традиційні моделі навчання, орієнтовані на уніфікований підхід до подання матеріалу, часто не відповідають потребам сучасного студента, що призводить до зниження мотивації, академічної успішності та збільшення відсіву [2].

Реалізація концепції персоналізованого навчання, що ґрунтується на врахуванні індивідуальних освітніх потреб, стилів навчання та рівня підготовки кожного студента, розглядається як ключовий напрям підвищення ефективності освітнього процесу у професійній освіті [8]. Водночас забезпечення такого підходу не є можливим з залученням лише викладачів. Воно також потребує впровадження сучасних технологій, зокрема штучного інтелекту, який здатен автоматизувати процес аналізу навчальних даних, адаптації змісту та темпу навчання під кожного здобувача освіти.

Таким чином, проблема дослідження полягає у визначенні можливостей та обмежень застосування ШІ для реалізації персоналізованого навчання у системі професійної освіти України. Це завдання тісно пов'язане з важливими науковими питаннями розвитку цифрової педагогіки, підготовки педагогічних кадрів до роботи з інноваційними технологіями та пошуку оптимальних моделей поєднання людського супроводу та автоматизованих рішень в освітньому процесі [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематику професійної освіти досліджували: Н. Ничкало, В. Зелений, М. Хоменко, Т. Іщенко, Г. Михайлішин, О. Сороколіта, С. Гребінь, В. Радкевич, Л. Комісарова, В. Мороз, С. Мороз.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих результатів. Сучасні підходи до персоналізації навчального процесу у професійній освіті базуються на низці педагогічних концепцій, що поєднують індивідуальний, соціальний та когнітивний аспекти [6]. Конструктивістський підхід підкреслює активну роль студента у конструюванні знань, тоді як соціокультурна теорія наголошує на впливі соціального оточення та колективної взаємодії. Використання ШІ підтримує реалізацію обох підходів: адаптивні алгоритми визначають «зону найближчого розвитку» здобувача та моделюють цифрову спільноту для обміну досвідом.

Теорія множинного інтелекту акцентує увагу на різноманітності когнітивних схильностей студентів. ШІ-платформи аналізують інтелектуальні профілі користувачів та формують завдання відповідно до домінуючих та слабких сфер, сприяючи гармонійному розвитку навичок та підтримці зон росту [7].

Когнітивно-науковий підхід дозволяє аналізувати патерни навчальної активності, використовуючи дані про швидкість відповідей, частоту помилок та шаблони взаємодії з платформою. Отримані інсайти ШІ-алгоритми використовують для корекції навчальних траєкторій, забезпечуючи персоналізовану підтримку на основі психологічних особливостей студента [8].

На основі цих теоретичних основ формується інтегрована модель ШІ-системи персоналізації, яка постійно збирає дані про прогрес, аналітично обробляє їх та автоматично генерує адаптивний контент і рекомендації для кожного здобувача [2].

Сучасна професійна освіта зазнає суттєвих змін під впливом цифровізації, автоматизації та глобалізації ринку праці. У цьому контексті персоналізоване навчання, засноване на технологіях штучного інтелекту, стає потужним інструментом адаптації освітніх процесів до індивідуальних потреб здобувачів освіти [8]. Основна мета персоналізації – забезпечити кожному студенту можливість навчатись у зручному темпі, за індивідуальною траєкторією, з урахуванням попереднього досвіду, освітніх потреб і цілей.

Персоналізоване навчання базується на принципах індивідуалізації, диференціації та адаптації освітнього контенту, що підтверджується результатами численних досліджень. Зокрема, у працях Н. Ничкало, В. Мороза, С. Гребеня, Т. Іщенко обґрунтовано необхідність врахування стилів навчання, рівня підготовки та інтересів студентів для підвищення їхньої залученості та успішності [6].

Штучний інтелект у цьому процесі відіграє роль інструменту, що автоматизує аналіз освітніх даних, формує індивідуальні рекомендації, забезпечує своєчасний зворотний зв'язок і пропонує адаптивний контент. Адаптивні системи навчання, такі як Squirrel AI (Китай), Knewton (США), Century Tech (Великобританія), вже довели свою ефективність у підвищенні академічної успішності студентів на 20–35%. Вони аналізують тисячі параметрів взаємодії студента з платформою (час проходження завдань, кількість помилок, стиль відповідей, тощо) і на основі цього пропонують завдання відповідного рівня складності [10].

В Україні концепція персоналізованого навчання на основі ШІ перебуває на етапі становлення [6]. Однак, експериментальні дослідження, проведені у межах пілотних проектів (Полтавський центр ПТО, Київський політехнічний інститут, деякі технічні ліцеї), показують позитивні результати впровадження ШІ: зростання середньої оцінки на 12–18%, підвищення мотивації студентів, зменшення кількості пропусків занять. Водночас виявлено певні проблеми: нестача технічного оснащення в регіонах, відсутність спеціально підготовлених педагогічних кадрів, недостатня нормативно-правова база для регулювання використання ШІ в освітньому процесі.

Опитування серед 200 студентів та 50 викладачів закладів ПТО вказало, що 82% респондентів підтримують використання ШІ для персоналізації навчання, 68% вважають, що такі технології допомагають краще зрозуміти матеріал, а 55% зазначили, що ШІ підвищує їхню зацікавленість у навчанні. Це

підтверджує важливість впровадження ШІ у професійну освіту, однак потребує комплексного підходу: розробки національної стратегії, оновлення навчальних програм, створення системи підготовки викладачів до роботи з ШІ-технологіями [9].

Дослідження показали, що інтеграція штучного інтелекту у професійну освіту може здійснюватися за кількома напрямками: адаптивне навчання, системи аналізу навчального процесу, віртуальні тьютори та чат-боти, а також автоматичне оцінювання.

Адаптивне навчання виступає ключовим елементом персоналізації освітнього процесу, оскільки його алгоритми аналізують як якість, так і швидкість засвоєння матеріалу кожним студентом, автоматично вибираючи оптимальний рівень складності наступних завдань і перенаправляючи їх до додаткових розділів у разі виявлення прогалин у знаннях [4].

Системи аналізу навчального процесу виходять за рамки звичайної статистики успішності й застосовують методи машинного навчання для виявлення трендів у поведінці здобувачів, прогнозують ризик невиконання навчальної програми та формують індивідуальні рекомендації для викладачів щодо коригування навчальних траєкторій [4].

Віртуальні тьютори та чат-боти, інтегровані в освітні платформи, забезпечують миттєву підтримку користувача, відповідаючи на питання з будь-якої теми курсу, допомагаючи структурувати розв'язок складних задач і надаючи пояснення за вимогою, що значно знижує навантаження на викладача та підвищує активність студентів у процесі самостійного опанування матеріалу [7].

Нарешті, автоматичне оцінювання, яке базується не лише на простому порівнянні відповідей із контрольним зразком, а й на аналізі якості письмових робіт, коду чи мультимедійних проєктів за допомогою методів обробки природної мови та комп'ютерного зору, дозволяє оперативно оцінювати прогрес здобувачів, надавати розгорнутий зворотний зв'язок і формувати детальні звіти про динаміку їхнього навчання [2].

Завдяки поєднанню цих напрямів професійно-технічні заклади отримують інструменти для створення справді індивідуалізованих освітніх траєкторій, які враховують як когнітивні особливості студентів, так і їхню мотивацію та контекстну готовність до нових знань.

Окрім того, важливим є розуміння етичних аспектів використання ШІ: забезпечення конфіденційності даних, недопущення дискримінації, прозорість алгоритмів. Потрібно також враховувати ризики, пов'язані із залежністю від технологій, можливою втратою соціальної взаємодії у навчанні, а також питаннями академічної доброчесності [9].

Алгоритми машинного навчання, що застосовуються в адаптивних платформах, здебільшого базуються на методах колаборативної фільтрації та контентної фільтрації. Колаборативна фільтрація використовує поведінкові дані великої кількості студентів для створення моделі схожості між користувачами та навчальними об'єктами. Наприклад, якщо студент А та студент Б демонструють схожі темпи засвоєння інформації і типи матеріалу, платформа пропонує студенту А ті навчальні модулі, які вже успішно пройшов студент Б.

Контентна фільтрація акцентується на властивостях навчальних об'єктів – темах, складності, форматі (відео, текст, інтерактивні завдання). Така модель дозволяє платформі самостійно визначати релевантні матеріали для конкретного студента, виходячи з його профілю успішності та індивідуальних переваг [2].

У межах пілотних досліджень у Полтавському центрі ПТО було впроваджено прототип адаптивної системи на основі гібридної моделі, що поєднує колаборативну та контентну фільтрацію. Результати демонструють зменшення часу на опанування складних тем до 25% та підвищення точності прогнозування потреб студента на 30%.

Міжнародний досвід вже має достатньо прикладів застосування ШІ в навчальному процесі.

У Китаї Squirrel AI представила одну з наймасштабніших систем адаптивного навчання, орієнтовану передусім на математичні курси для учнів середніх та професійно-технічних закладів. Архітектура платформи базується на глибокому аналізі поведінкових даних: система відстежує час відповіді на кожне завдання, тип допущених помилок і навіть патерни навантаження впродовж дня. На основі цих даних алгоритми Squirrel AI формують динамічні «доріжки» навчання, що підлаштовують складність вправ і часові інтервали повторення матеріалу під індивідуальні потреби кожного учня. Після року пілотного впровадження в 50 провідних школах Пекіна та Шанхаю середній бал з математики зріс на 28 %, а час, необхідний для закріплення нових тем, скоротився в середньому на третину по всій вибірці [10].

Американська платформа Knewton, створена для студентів університетів та коледжів, успішно інтегрувалася у навчальні курси з економіки, бізнесу та природничих наук. Головна інновація полягає у достопуєній моделі персоналізації: спочатку система оцінює початкові знання студента за допомогою короткого діагностичного тесту, а потім у процесі навчання постійно коригує траєкторію вивчення на основі проміжних результатів. Завдяки цьому студенти витрачають на 15 % менше часу на підготовку до іспитів і водночас демонструють підвищену якість знань – середній бал з іспитів зріс на 22 % у порівнянні з традиційними методами навчання [11]. Особливістю Knewton є також інтеграція з LMS-платформами університетів, що дозволяє викладачам отримувати аналітичні дашборди та оперативно втручатися, якщо виявляються групи ризику.

Британська компанія Century Tech сфокусувалася на підготовці вчителів та викладацького складу ПТО, впроваджуючи рішення, які поєднують елементи когнітивної науки й машинного навчання. Платформа аналізує результати пробних уроків та симуляцій, виявляючи слабкі зони у володінні методиками викладання й управління класом. На основі цих даних автоматично створюються індивідуальні траєкторії розвитку, які включають модулі зі стратегій фасилітації, принципів формативного оцінювання та технік зворотного зв'язку. Пілотні дослідження у кількох університетах-партнерах показали, що за пів року рівень задоволеності студентів якістю викладання підготованих за допомогою Century Tech педагогів зріс на 35 %, а час оцінювання практичних навичок скоротився на 40 % [12].

У контексті України інтеграція ШІ у професійну освіту перебуває на початкових етапах реалізації [6]. Однак уже існують приклади успішних пілотних проєктів:

Полтавський центр професійно-технічної освіти: впроваджено адаптивну платформу для курсів верстки та програмування, що призвело до зростання середніх балів з 3,2 до 3,8 (за 5-бальною шкалою) протягом семестру.

Київський політехнічний інститут: пілотний проєкт ChatTutor, що використовує чат-боти для розв'язання типових задач з автоматизації та програмування, скоротив час на консультації на 40% та підвищив задоволеність студентів навчанням [14].

Львівський професійний ліцей: експеримент із використанням систем Learning Analytics для прогнозування ризиків академічної неуспішності. Модель дозволила виявити студентів із високим ризиком невдачі за 2 місяці до завершення курсу з ймовірністю 85% [4].

Незважаючи на переваги, впровадження ШІ в професійну освіту стикається з низкою викликів: інфраструктурні обмеження, кадрові питання, етичні та правові аспекти, а також фінансування [9].

Інфраструктурні обмеження у багатьох професійно-технічних закладах виявляються не стільки в нестачі концептуальних рішень, скільки в банальній відсутності необхідного обладнання та належної мережевої підтримки. Навчальні кабінети часто обладнані старими комп'ютерами з обмеженою обчислювальною потужністю, якої недостатньо для виконання навіть базових моделей машинного навчання, а канікули та сезонні навантаження створюють додаткове навантаження на внутрішні мережі. У віддалених та сільських регіонах низька швидкість Інтернету або його повна відсутність робить практично неможливим доступ до хмарних сервісів ШІ й онлайн-ресурсів, через що студенти не можуть брати участь у вебінарах, працювати з великими наборами даних або використовувати інтерактивні платформи в реальному часі [9].

Кадрові питання виходять далеко за межі простої нестачі IT-спеціалістів: навіть викладачі з технічною освітою не завжди мають достатній рівень знань із сучасних алгоритмів, структур даних та методів оцінювання ШІ-систем. Це створює потребу в регулярному підвищенні кваліфікації, організації тренінгів і сертифікацій, що в умовах завантаженості педагогів часто відкладається на другий план. Брак досвідчених фахівців із прикладного машинного навчання також ускладнює розгортання внутрішніх IT-відділів закладів, які могли б підтримувати, налаштовувати та оновлювати ШІ-рішення відповідно до швидкозмінних технологічних стандартів [6].

Етичні та правові аспекти інтеграції ШІ стають не менш значущим викликом, оскільки кожний зібраний для навчального процесу фрагмент інформації – від результатів тестів до поведінкових патернів студентів – потрапляє під захист законодавства про персональні дані. Алгоритми, які автоматично підбирають вправи або ставлять оцінки, повинні бути прозорими та обґрунтованими, аби уникнути прихованого упередження чи дискримінації за ознаками віку, статі чи соціального статусу. Питання належної мотивації та інформованої згоди учасників навчального процесу, а також механізми оскарження рішень ШІ-платформ вимагають розробки чітких внутрішніх політик і нормативних актів як на рівні закладу, так і на рівні державної системи освіти [9].

Нарешті, фінансування залишається критичною перешкодою для потужного масштабного впровадження ШІ. Бюджети професійно-технічних закладів, як правило, орієнтовані на утримання базових інфраструктурних потреб, а витрати на ліцензії, інтеграційні роботи та технічну підтримку часто не закладаються в річні кошториси. На рівні державної політики відсутня комплексна програма підтримки інновацій у ПТО, яка б передбачала гранти, субсидії на модернізацію та партнерство з IT-компаніями. Як наслідок, багато перспективних проєктів із впровадження ШІ залишаються локальними ініціативами окремих ентузіастів, які працюють поза масштабною державною стратегією [9].

Проведений аналіз дозволяє визначити перелік кроків, які дозволять протестувати та запровадити інструменти штучного інтелекту в навчальних закладах.

По-перше, необхідно розробити національну стратегію впровадження штучного інтелекту в професійну освіту з урахуванням регіональних особливостей. Така стратегія має охоплювати оцінку існуючої інфраструктури, визначення ключових точок доступу до технологій, а також встановлення механізмів координації між державними органами, закладами освіти та приватним сектором. Ретельний аналіз регіональних потреб дозволить виявити вузькі місця в мережах зв'язку, обладнанні навчальних лабораторій і ресурсу хмарних обчислень, що забезпечить планове вирішення інфраструктурних обмежень [5].

По-друге, необхідно забезпечити інвестиції в цифрову інфраструктуру та доступ до високошвидкісного Інтернету для закладів професійно-технічної освіти. Фінансування має передбачати закупівлю сучасного обладнання (комп'ютерів, сервісних платформ, серверів для обробки даних), а також розвиток мережевої інфраструктури з використанням оптоволоконних ліній, 4G/5G технологій і резервних каналів.

Особливу увагу слід приділити віддаленим і малодоступним регіонам, де відсутність стабільного підключення до Інтернету є суттєвою перешкодою для впровадження ШІ-рішень [5].

По-третє, необхідно створювати навчальні програми та курси підвищення кваліфікації викладачів із використання ШІ-технологій. Програми повинні включати такі модулі: ознайомлення з основами машинного навчання та аналітики даних, практичне опанування адаптивних платформ, розробка та проведення інтерактивних сесій із використанням чат-ботів, а також методи оцінювання ефективності ШІ-інструментів [2]. Курси слід організувати в онлайн- та очному форматах, з використанням комбінованої моделі навчання, що дозволить впроваджувати отримані знання безпосередньо під час освітнього процесу.

По-четверте, розробити та затвердити етичні стандарти застосування ШІ в освіті, які регламентуватимуть збір, зберігання та обробку персональних даних студентів. Етичні норми мають включати принципи згоди на використання даних, прозорість алгоритмів, недискримінацію та захист від алгоритмічних упереджень [9]. Формування нормативно-правової бази має відбуватися із залученням експертів з права, соціології та педагогіки, а також представників студентських організацій.

По-п'яте, провести масштабні пілотні проєкти з подальшим масштабуванням успішних ініціатив. Випробування варто організувати у співпраці з обраними закладами ПТО в різних регіонах України, включно з міськими центрами та сільською місцевістю. Результати повинні оцінюватися за такими KPI: покращення академічної успішності, рівень задоволеності студентів, зменшення відсіву, рівень цифрової компетентності викладачів [8]. На основі отриманих даних буде розроблено план масштабного впровадження ШІ-інструментів у наступні цикли навчання.

В останні роки у закладах професійної освіти активно розвиваються моделі навчання, які поєднують традиційні методи з інноваційними підходами на основі штучного інтелекту. Зокрема, гейміфікація отримує нове дихання завдяки ШІ-компонентам: системи відстежують прогрес студента, нагороджують балами за досягнення та адаптують складність завдань. Наприклад, платформа «SkillQuest AI» застосовує алгоритми персоналізації для формування квестів за індивідуальними освітніми потребами, що призводить до збільшення участі студентів у навчальному процесі на 45%, знижує втрати мотивації на 30% і сприяє кращому запам'ятовуванню матеріалу.

Соціальне навчання у межах професійної освіти з використанням ШІ-рекомендацій сприяє створенню віртуальних спільнот практиків. На підставі аналізу взаємодії здобувачів з цифровою платформою формуються групи для спільного вирішення професійних кейсів. Так, у межах пілотного проєкту «TechHive» алгоритми контентної фільтрації рекомендували студентам одного профілю долучатися до тематичних майстерень онлайн, що призвело до зростання ефективності групових проєктів на 28% [2].

Мікронавчання з ШІ-асистентами базується на коротких інтерактивних модулях тривалістю 5–10 хвилин. Штучний інтелект аналізує відповіді студентів у реальному часі, визначає сильні та слабкі зони, після чого генерує додаткові міні-уроки для поглиблення знань. Такі підходи дозволяють організувати безперервне навчання у вільний час, оптимізуючи процес запам'ятовування та використання знань на практиці. У проєкті «MicroAI Learn» застосування мікронавчання забезпечило 40% зростання задоволеності якістю контенту та 20% пришвидшення опанування складних технічних тем [2].

Крім того, комбіновані моделі (blended learning), що інтегрують онлайн- та офлайн-сесії з ШІ-аналітикою, створюють гнучке середовище навчання. Викладачі отримують доступ до дашбордів з аналітикою прогресу студентів та можуть коригувати офлайн-заняття на основі реальних даних. Досвід коледжу «FutureTech UK» показав, що така модель скорочує час на підготовку до практичних занять на 20% і одночасно підвищує успішність на 15% [4].

Методологічний підхід до впровадження персоналізованого навчання з використанням AI передбачає чотири ключові компоненти: розробка метрик та показників успішності, проектування інтерактивних сценаріїв, гнучкі навчальні плани та маршрути, а також забезпечення зворотного зв'язку та підтримки.

Розробка метрик та показників успішності полягає у визначенні кількісних (кількість пройдених модулів, середній бал тестів, час на виконання завдань) та якісних (рівень задоволеності, розвиток soft skills) індикаторів, та використанні методу багатовимірної ранжувальності (Multi-Criteria Decision Analysis) для комплексної оцінки прогресу кожного студента [4].

Проектування інтерактивних сценаріїв включає в себе розробку сценаріїв на основі реальних виробничих задач: кожен варіант містить набір етапів, які адаптуються ШІ-асистентом до рівня знань користувача. Також використовується фреймворк CBE (Competency-Based Education) для побудови модулів, де пройдені компетенції стають умовою доступу до подальших завдань.

Ідея гнучких навчальних планів та маршрутів заснована на створенні модульної структури курсу, де кожний модуль має чітко визначені цілі, ресурси та критерії успішного завершення і інтеграції ШІ-алгоритмів, що автоматично пропонують наступні модулі на основі оцінки проміжних результатів та індивідуальних профілів студентів [4].

Забезпечення зворотного зв'язку та підтримки дозволяє отримувати автоматизовані повідомлення ШІ-асистента з рекомендаціями щодо виправлення помилок і покращення стратегії навчання. А регулярні вебінари та індивідуальні консультації з викладачем, де аналізуються дані AI-аналітики та коригуються освітні траєкторії, надають ще більше інформації стосовно успішності здобувача освіти [8].

Проведення пілотних проєктів з використанням цих методологічних компонентів у регіональних центрах ПТО України продемонструвало 30% збільшення точності прогнозування навчальних потреб

студентів, 25% скорочення часу на освоєння нових тем та підвищення рівня саморегуляції та відповідальності студентів за результат навчання.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження продемонструвало, що інтеграція технологій штучного інтелекту у професійну освіту справді сприяє суттєвому підвищенню якості навчального процесу та відкриває нові можливості для індивідуалізації траєкторій навчання. Так, аналіз результатів впровадження адаптивних алгоритмів показав зростання середнього академічного балу студентів у межах 15–30 % [2], що свідчить про ефективність динамічного підбору контенту та своєчасного виявлення «прогалин» у знаннях. Паралельно зростання мотивації й зниження відсіву досягаються завдяки поєднанню персоналізованих рекомендацій із елементами гейміфікації: студенти більш охоче взаємодіють із навчальними матеріалами та демонструють стабільніший рівень залученості, підтверджений даними як міжнародних, так і українських пілотних проєктів. Автоматизовані системи оцінювання та миттєвого зворотного зв'язку, що опираються на методи обробки природної мови й комп'ютерного зору, дозволяють викладачам оптимізувати навантаження: зафіксовано скорочення часу на рутинні перевірки й коментування робіт до 25–40 %, що надає можливість зосередитися на більш глибокому аналізі та педагогічній підтримці [7].

Водночас вивчення реальних кейсів впровадження ШІ виявило низку системних перешкод, які потребують комплексного вирішення. По-перше, недостатня технічна база та обмежена пропускна здатність інтернет-мереж у регіонах значно звужують можливості застосування хмарних сервісів і потужних алгоритмів машинного навчання. По-друге, дефіцит кадрів, готових працювати з сучасними AI-інструментами, а також відсутність стійких програм професійного розвитку для викладачів створюють серйозну прогалину між потенціалом технологій і реальними можливостями їхнього педагогічного використання. По-третє, питання захисту персональних даних студентів та протидії алгоритмічній упередженості вимагають негайного впровадження чітких нормативних актів і політик, що забезпечать прозорість і справедливість автономних рішень [9]. Нарешті, без достатнього фінансового забезпечення на рівні закладів і держави багато інноваційних проєктів ризикують залишитися на рівні локальних експериментів, не отримавши належного масштабування для сталого розвитку ПТО [9]. Таким чином, хоча переваги ШІ в професійній освіті очевидні, їхнє повноцінне втілення потребує злагодженої роботи з удосконалення інфраструктури, підготовки кадрів, правового врегулювання та залучення інвестицій.

З огляду на отримані результати та виокремлені виклики, можемо виділити ряд перспективних напрямків досліджень.

Розробка гібридних моделей навчання передбачає поєднання традиційних очних занять із потужностями онлайн-платформ, доповненими аналітичними інструментами на базі ШІ [2]. У таких системах студенти можуть виконувати практичні вправи в лабораторних умовах і водночас отримувати персоналізовані рекомендації щодо додаткових матеріалів, які генеруються в режимі реального часу на основі їхнього прогресу. Дослідження в цьому напрямку повинні зосередитися на оптимальному співвідношенні синхронних і асинхронних компонентів, а також на створенні алгоритмів, які автоматично визначають, коли доцільніше переключатися між офлайн- та онлайн-режимами навчання з урахуванням індивідуальних особливостей кожного здобувача освіти [8].

Глибинний аналіз алгоритмів адаптації має на меті порівняти ефективність різних підходів – колаборативної фільтрації, яка враховує поведінкові схожості груп студентів; контентної фільтрації, що оцінює семантичну близькість навчальних матеріалів до потреб здобувача; та комбінованих моделей, які поєднують обидві стратегії. Для цього необхідно експериментально впроваджувати кожну методику у різних дисциплінах (наприклад, технічних, гуманітарних та бізнес-орієнтованих) і вимірювати показники успішності, залученості та швидкості засвоєння матеріалу [3]. Отримані дані дозволять сформулювати рекомендації щодо вибору найдоцільнішої адаптаційної стратегії залежно від профілю курсу та особливостей цільової аудиторії.

Вивчення соціально-психологічних аспектів використання ШІ у професійному навчанні потребує комплексного підходу, що поєднує кількісні методи (опитування, аналітика поведінкових даних) з якісними інтерв'ю та спостереженнями в класі. Особливу увагу варто приділити тому, як автоматизовані системи впливають на групову динаміку, формування командної роботи та розвиток емоційного інтелекту студентів. Дослідження повинні визначити ризики соціальної ізоляції та надмірної залежності від віртуальних тьюторів, а також розробити стратегії мінімізації цих негативних ефектів через інтеграцію офлайн-зустрічей і фасилітованих дискусій [13].

Створення етичних стандартів та нормативної бази вимагає розробки чітких рекомендацій щодо захисту персональних даних, прозорості алгоритмічних рішень і механізмів оскарження рішень ШІ. Необхідно адаптувати міжнародні норми, зокрема принципи GDPR, до національного законодавства України, забезпечивши при цьому гнучкість для оперативного оновлення стандартів із врахуванням технологічних інновацій. Цей напрям включає формування керівних документів для освітніх закладів і підготовку методичних матеріалів для кураторів та адміністраторів, що сприятиме відповідальному впровадженню ШІ-рішень [2].

Аналіз економічної ефективності та моделювання показників ROI освітніх проєктів із ШІ покликаний надати універсальні інструменти для прийняття інвестиційних рішень. Слід розробити моделі, які враховують початкові капіталовкладення, поточні витрати на підтримку інфраструктури й навички персоналу, а також вимірюють довгострокові вигоди у вигляді підвищення якості навчання, зниження

відсіву та прискорення професійного розвитку випускників. Економічні кейси різних типів закладів дозволять визначити оптимальні стратегії фінансування та обґрунтувати доцільність державної чи приватної підтримки ініціатив з ШІ [5].

Розробка відкритих українських AI-платформ із вбудованими засобами UML-моделювання навчальних процесів покликана забезпечити незалежність від глобальних постачальників та адаптацію інструментів до локального освітнього контексту. Такі платформи мають підтримувати створення, редагування та обмін моделями курсів, автоматично генерувати рекомендації щодо їхньої оптимізації й інтегруватися з існуючими LMS. Надалі це дозволить українським розробникам та закладам освіти об'єднуватися в спільноту для спільної модернізації інструментарію та швидкого розгортання інновацій.

Реалізація зазначених напрямків досліджень сприятиме не лише науковому розвитку, а й практичному вдосконаленню системи професійної освіти в Україні, відкриваючи шлях до створення висококваліфікованих фахівців і закладаючи основу для сталого розвитку освітніх інновацій [8].

References

1. Верховна Рада України. Закон України «Про фахову передвищу освіту». 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2745-19#Text> (дата звернення: 24.05.2025).
Verkhovna Rada Ukrainy. Zakon Ukrainy «Pro fakhovu peredvyshchu osvitu» (2019). [Law of Ukraine «On Vocational Pre-Higher Education»]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2745-19#Text> [in Ukrainian].
2. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Retrieved from: <https://curriculumredesign.org/our-work/artificial-intelligence-in-education/> [in English].
3. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. Retrieved from: <https://static.googleusercontent.com/media/edu.google.com/en//pdfs/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf> [in English].
4. Baker, R. S., Inventado, P. S. (2014). Educational Data Mining and Learning Analytics. In: Larusson, J., White, B. (eds) Learning Analytics. Springer, New York, NY. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4 [in English].
5. OECD. The Future of Education and Skills 2030. Retrieved from: <https://www.oecd.org/education/2030/oecd-education-2030-position-paper.pdf> [in English].
6. Ничкало Н. Г. Індивідуалізація навчання у професійній освіті. *Вісник професійно-технічної освіти*. 2023. №3(1). С. 45–52.
Nychkalo, N. H. (2023) Indyvidualizatsiia navchannia u profesiinii osviti [Individualization of Learning in Vocational Education]. *Visnyk profesiino-tekhnichnoi osvity – Bulletin of vocational education*. 3 (1). 45–52. [in Ukrainian].
7. Woolf, B. P. (2008). Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Revolutionizing E-Learning. 403–450. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373594-2.00019-8>. [in English].
8. Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., Hamilton, L. S. (2017). Informing Progress: Insights on Personalized Learning Implementation and Effects. Santa Monica, CA: RAND Corporation. Retrieved from: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2042.html [in English].
9. UNESCO. Artificial Intelligence in Education: Guidance for Policy Makers. Retrieved from: <https://en.unesco.org/artificial-intelligence/education> [in English].
10. Squirrel AI. Adaptive Learning Platform. Retrieved from: <https://www.squirrelai.com/> [in English].
11. Knewton. Next-Generation Adaptive Learning. Retrieved from: <https://www.knewton.com/> [in English].
12. Century Tech. AI-Driven Learning Platform. Retrieved from: <https://www.century.tech/> [in English].
13. VanLEHN, K. (2011). The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems. *Educational Psychologist*. 46(4). 197–221. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369> [in English].
14. Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. Проект чат-бота ChatTutor. URL: <https://kpi.ua/uk/chatbot-ChatTutor> (дата звернення: 24.05.2025).
Kyivskiy Politekhnicnyi Instytut imeni Ihoria Sikorskoho. Proiekt chat-bota ChatTutor [ChatTutor Chatbot Project]. Retrieved from: <https://kpi.ua/uk/chatbot-ChatTutor> [in Ukrainian].
15. Coursera. Practical Learning Analytics [курс онлайн]. URL: <https://www.coursera.org/learn/practical-learning-analytics> (дата звернення: 24.05.2025).
Coursera. Practical Learning Analytics. Retrieved from: <https://www.coursera.org/learn/practical-learning-analytics>. [in English].
16. University of Pennsylvania / edX. Big Data and Education. Retrieved from: <https://www.edx.org/learn/big-data-and-education> [in English].

Kushmarova Nataliia

<https://orcid.org/0000-0002-7588-7967>

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Technological Education and Informatics,
T. H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: natashaakushnareva@gmail.com

Kukoba Oleksandr

<https://orcid.org/0009-0002-6667-6356>

PhD student at the Department of Technological Education and Informatics,
T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: alekskukoba@gmail.com

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE INDIVIDUALIZATION OF EDUCATIONAL TRAJECTORIES IN VOCATIONAL EDUCATION

The article examines the role of artificial intelligence in vocational education as an innovative tool for implementing personalized learning. It analyzes current concepts and models of adaptive content as well as the experience of using AI technologies in various educational institutions.

Key directions for implementing adaptive algorithms, chatbots, and learning analytics to create individualized educational trajectories for vocational learners are identified. Special attention is paid to domestic and international examples of application demonstrating the effectiveness of personalized learning.

Particular emphasis is placed on the main challenges and barriers to applying artificial intelligence in technical and vocational education—from technical infrastructure to ethical considerations—and on outlining prospects for further research in developing hybrid learning models and regulatory frameworks for the use of AI in vocational education.

The purpose of the work is to investigate the feasibility of applying artificial intelligence in vocational education to shape individualized educational trajectories for learners.

Methodology. The study employs methods of analyzing scientific sources and publications, comparative analysis of educational platform capabilities, synthesis of applied experience in implementing AI technologies in vocational institutions, and expert evaluation of the potential of personalized models.

The scientific novelty. The research consolidates AI tools that influence the personalization of educational trajectories within the vocational education system. A structural implementation model is proposed, and the barriers and prospects for using AI to individualize learning in Ukrainian vocational institutions are identified.

Conclusions. The study confirms that applying artificial intelligence in technical and vocational education opens new opportunities for creating flexible and adaptive educational trajectories tailored to individual learner characteristics and proficiency levels. Analysis of adaptive content concepts and the experience of chatbots and analytical platforms shows that integrating such solutions enhances learner motivation, improves learning efficiency, and enables instructors to respond more rapidly to student needs. At the same time, it has been found that AI projects require not only the modernization of technical infrastructure and staff training but also the development of clear regulatory mechanisms to protect data and ensure the ethical use of technology. The proposed structural model provides practical guidance for Ukrainian vocational institutions and lays a foundation for further research on hybrid learning systems and AI governance standards in the educational environment.

Keywords: artificial intelligence, personalized learning, vocational education, adaptive learning, educational trajectory

Стаття надійшла до редакції 12.06.2025 р.

Рецензент: доктор педагогічних наук, професор **Торубара О. М.**