

РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет математики та інформатики
Кафедра цифрових технологій та методики навчання інформатики

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ЦТ та МНІ
_____Наталія ПАВЛОВА
«_____»_____2025 р.
протокол № ____

КЛІМЧУК АНГЕЛІНА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**ДИДАКТИЧНІ УМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНОГО
НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У
ПРОФЕСІЙНІЙ ОСВІТІ**

Виконав:

здобувач другого (магістерського)
рівня вищої освіти спеціальності
015.39 Професійна освіта (Цифрові
технології)
Ангеліна КЛІМЧУК

Науковий керівник:

доктор педагогічних наук,
професор
Ганна ШЛІХТА

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС	8
1.1. Аналіз сучасних викликів професійної освіти та потреба в персоналізації навчального процесу	8
1.2. Теоретичні основи адаптивного навчання та роль штучного інтелекту в його реалізації	13
1.3. Обґрунтування педагогічної моделі інтеграції систем штучного інтелекту в процес адаптивного навчання здобувачів професійної освіти.....	18
РОЗДІЛ II. МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКИ АДАПТИВНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....	27
2.1. Огляд та аналіз існуючих платформ та інструментів на основі штучного інтелекту для створення адаптивного освітнього контенту.....	27
2.2. Проектування архітектури та алгоритмів адаптивного навчального модуля з використанням технологій ІІІ	36
2.3. Методичні рекомендації щодо впровадження та використання адаптивної навчальної системи в освітньому процесі (для викладачів та студентів)	42
РОЗДІЛ III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА АПРОБАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ.....	51
3.1. Розробка та опис прототипу адаптивного навчального модуля на основі штучного інтелекту (на прикладі конкретної дисципліни/професії)	51
3.2. Організація та проведення педагогічного експерименту з апробації розробленого адаптивного модуля в закладі професійної освіти.....	56
3.3. Аналіз результатів експериментального впровадження та оцінка впливу адаптивного навчання на академічну успішність та мотивацію здобувачів освіти.....	60
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасна система освіти України перебуває на етапі глибокої трансформації, зумовленої як глобальними цивілізаційними процесами, так і гострими національними викликами. Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема технологій штучного інтелекту (ШІ), та перехід до четвертої промислової революції (Industry 4.0) фундаментально змінюють структуру ринку праці, висуваючи нові вимоги до компетентностей фахівців усіх рівнів. Водночас, в умовах воєнного стану та необхідності повоєнної відбудови країни, особливої ваги набуває модернізація системи професійної (професійно-технічної) освіти, яка має забезпечити економіку висококваліфікованими робітничими кадрами, здатними працювати з новітнім обладнанням та технологіями.

Аналіз наукових праць провідних вітчизняних учених у галузі цифрової педагогіки та інформатизації освіти (В. Ю. Биков, А. М. Гуржій, В. М. Кухаренко, Н. В. Морзе, О. М. Спірін та ін.) свідчить про наявність низки системних проблем, що гальмують розвиток професійної освіти. До них належать: кваліфікаційний розрив між змістом освітніх програм та реальними потребами роботодавців; недостатня гнучкість та інертність освітнього процесу; невідповідність традиційних фронтальних методів навчання когнітивним особливостям сучасного «цифрового покоління» здобувачів освіти; значна гетерогенність навчальних груп за рівнем початкової підготовки, мотивації та темпом засвоєння матеріалу.

У цих умовах традиційна, уніфікована модель навчання, орієнтована на «середнього» учня, вичерпує свій потенціал ефективності. Системною відповіддю на ці виклики є перехід до персоналізації навчального процесу, що передбачає побудову індивідуальних освітніх траєкторій. Одним із найбільш науково обґрунтованих та технологічно розвинених підходів до реалізації персоналізації є адаптивне навчання, що базується на безперервному моніторингу навчального прогресу учня та динамічній зміні освітнього

контенту й завдань.

Технологічним фундаментом, який уможлиблює повноцінну реалізацію складних моделей адаптивного навчання, є штучний інтелект. Системи ШІ здатні аналізувати великі масиви освітніх даних, діагностувати прогалини у знаннях, моделювати індивідуальні профілі здобувачів освіти та генерувати персоналізовані рекомендації, виконуючи функції інтелектуального тьютора. Численні закордонні дослідження та успішні практики (платформи Knewton, Squirrel AI та ін.) доводять високу ефективність такого підходу.

Однак, незважаючи на значний світовий досвід, проблема інтеграції систем ШІ для адаптивного навчання в практику вітчизняної професійної освіти залишається недостатньо розробленою. Існує нагальна потреба в розробці цілісної педагогічної моделі, яка б враховувала специфіку професійної підготовки, компетентнісний підхід та реальні умови функціонування українських закладів освіти. Вищезазначене зумовлює **актуальність** даного дипломного дослідження, спрямованого на розв'язання науково-практичної проблеми підвищення ефективності професійної освіти шляхом розробки та експериментальної перевірки педагогічної моделі використання штучного інтелекту для адаптивного навчання.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити ефективність педагогічної моделі використання штучного інтелекту для реалізації адаптивного навчання в освітньому процесі здобувачів професійної освіти.

Відповідно до мети було сформульовано **гіпотезу дослідження**: впровадження розробленої компетентнісно-орієнтованої адаптивної моделі інтеграції штучного інтелекту в освітній процес закладу професійної освіти дозволить підвищити рівень академічної успішності та навчальної мотивації здобувачів освіти порівняно з традиційними методами навчання.

Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки здобувачів освіти в умовах цифрової трансформації.

Предмет дослідження – педагогічна модель, зміст, форми та методи

інтеграції систем штучного інтелекту в процес адаптивного навчання здобувачів професійної освіти.

Для досягнення мети та перевірки гіпотези було поставлено такі **завдання дослідження**:

1. Проаналізувати стан досліджуваної проблеми в психолого-педагогічній теорії та практиці; визначити ключові виклики сучасної професійної освіти та обґрунтувати потребу в персоналізації навчального процесу.

2. Вивчити теоретичні основи адаптивного навчання, його компонентну структуру та визначити роль штучного інтелекту в його реалізації.

3. Розробити та теоретично обґрунтувати компетентнісно-орієнтовану адаптивну модель інтеграції систем штучного інтелекту в процес навчання здобувачів професійної освіти.

4. Здійснити аналіз існуючих платформ та інструментів на основі ІІІ; спроектувати архітектуру та алгоритми прототипу адаптивного навчального модуля; розробити методичні рекомендації щодо його впровадження.

5. Організувати та провести педагогічний експеримент з апробації розробленого адаптивного модуля.

6. Здійснити кількісний та якісний аналіз результатів експериментального впровадження, оцінити вплив адаптивного навчання на академічну успішність та мотивацію здобувачів освіти та сформулювати загальні висновки.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань було використано комплекс взаємопов'язаних методів:

- *теоретичні*: аналіз філософської, психолого-педагогічної та науково-технічної літератури для визначення стану розробленості проблеми; синтез, узагальнення, систематизація та порівняння для уточнення ключових понять дослідження; моделювання для розробки педагогічної моделі інтеграції ІІІ та архітектури адаптивного модуля;

- *емпіричні*: педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний, підсумковий етапи) для перевірки ефективності розробленої моделі; тестування для діагностики рівня навчальних досягнень; анкетування для вивчення рівня та структури навчальної мотивації; спостереження за навчальною діяльністю здобувачів освіти;
- *статистичні*: методи математичної статистики для кількісної обробки результатів експерименту; t-критерій Стюдента для перевірки статистичної значущості відмінностей між показниками контрольної та експериментальної груп.

Експериментальна база дослідження. Дослідно-експериментальна робота проводилась на базі Закладу професійної (професійно-технічної) освіти «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій». У педагогічному експерименті взяли участь 48 здобувачів освіти третього курсу та 2 викладачі спеціальностей.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- *вперше* розроблено та теоретично обґрунтовано компетентісно-орієнтовану адаптивну модель інтеграції штучного інтелекту (КОАМІ), яка враховує специфіку професійної освіти та поєднує компетентісний підхід з технологіями ШІ для побудови індивідуальних освітніх траєкторій;
- *удосконалено* методику проектування адаптивних навчальних систем для професійної освіти шляхом обґрунтування гібридної стратегії, що поєднує функціонал LMS, спеціалізовані симулятори та інтелектуальні модулі;
- *набули подальшого розвитку* теоретичні уявлення про трансформацію ролі викладача в умовах цифрового адаптивного середовища від транслятора знань до тьютора-аналітика, а також про розвиток навичок саморегульованого навчання у здобувачів освіти.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблені в ході дослідження педагогічна модель, архітектура та алгоритми прототипу адаптивного навчального модуля, а також методичні рекомендації щодо його впровадження можуть бути використані в освітньому процесі

закладів професійної (професійно-технічної) та фахової передвищої освіти технічного профілю для підвищення якості підготовки фахівців. Матеріали роботи можуть стати основою для створення курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників з питань використання сучасних цифрових технологій в освіті.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати дипломної роботи доповідалися та обговорювалися на

Структура та обсяг роботи. Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить __ сторінок, з них основного тексту – сторінок. Робота містить __таблиць, _ рисунків. Список використаних джерел налічує __найменувань.

РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

1.1. Аналіз сучасних викликів професійної освіти та потреба в персоналізації навчального процесу

Система професійної (професійно-технічної) освіти України на сучасному етапі свого розвитку перебуває під впливом комплексу взаємопов'язаних викликів, що мають як глобальний, так і специфічно національний характер. З одного боку, глобальні цивілізаційні процеси, такі як четверта промислова революція (Industry 4.0), тотальна цифровізація економіки та становлення суспільства знань, фундаментально змінюють структуру ринку праці та вимоги до компетентностей фахівців [4; 18]. З іншого боку, повномасштабна агресія та необхідність повоєнної відбудови країни ставлять перед системою професійної освіти надскладні завдання щодо швидкої та якісної підготовки кваліфікованих робітників, здатних працювати з новітніми технологіями та забезпечувати модернізацію національної економіки.

Аналіз наукових праць провідних вітчизняних учених у галузі цифрової трансформації освіти (В. Ю. Биков, А. М. Гуржій, М. І. Жалдак, В. М. Кухаренко, Н. В. Морзе, О. М. Спірін) [2; 9; 12; 19; 23; 29], а також нормативно-правових документів [17; 26] дозволяє систематизувати ці виклики та обґрунтувати нагальну потребу в кардинальному перегляді традиційних освітніх парадигм і переході до персоналізації навчального процесу.

Першим і найбільш очевидним викликом є наростаючий кваліфікаційний розрив (skills gap) між результатами освітньої системи та актуальними потребами ринку праці. Швидкість технологічного оновлення виробництва сьогодні є настільки високою, що професійні стандарти та, відповідно, компетентнісні моделі фахівців змінюються значно швидше, ніж

цикли оновлення освітніх програм та стандартів. Це явище, відоме як «старіння» знань, є особливо критичним для високотехнологічних галузей, до яких беззаперечно належить сучасне автомобілебудування та автосервіс – ключовий напрям підготовки фахівців у закладах професійної освіти.

Якщо раніше професія автомеханіка базувалася переважно на знаннях з механіки та гідравліки, то сьогодні сучасний автомобіль – це складний кіберфізичний комплекс, що інтегрує десятки мікропроцесорів, сенсорів, виконавчих механізмів, об'єднаних цифровими шинами даних (CAN, LIN, FlexRay). Діагностика та ремонт таких систем вимагає від фахівця не лише традиційних слюсарних навичок, а й глибоких знань з електроніки, програмування, цифрових протоколів, а також уміння працювати зі складним діагностичним програмним забезпеченням та інформаційними базами даних [30; 33]. Поява та стрімке поширення електромобілів та гібридних транспортних засобів лише поглиблює цей технологічний зсув, висуваючи вимоги до знань з високовольної електротехніки та хімії акумуляторних батарей. Традиційна освітня система, з її відносною інертністю та тривалими циклами затвердження навчальної документації, об'єктивно не встигає за цими змінами. Як наслідок, випускники часто приходять на виробництво з набором компетентностей, що частково вже втратили актуальність, і роботодавці змушені витратити значні ресурси на їх «донавчання» та адаптацію.

Другим викликом, що має психолого-педагогічний характер, є зміна когнітивних та поведінкових характеристик самого суб'єкта навчання – здобувача освіти. Сучасна молодь, яку дослідники визначають як «цифрове покоління» (digital natives) або «Покоління Z», з раннього дитинства існує в насиченому цифровому середовищі. Це сформувало у них специфічні моделі сприйняття та обробки інформації, які суттєво відрізняються від попередніх поколінь [28]. Дослідники відзначають такі їхні риси, як схильність до «кліпового мислення» (сприйняття інформації короткими, яскравими фрагментами), перевага візуального контенту (відео, інфографіка) над текстовим, потреба у високій інтерактивності та гейміфікації навчального

процесу, а також очікування негайного зворотного зв'язку [23].

Традиційна «трансляційна» модель навчання, де викладач виступає основним джерелом інформації, а учні пасивно її сприймають у форматі лекції, для такого покоління є малоефективною та демотивуючою. Як справедливо зазначає Н. В. Рашевська, сучасні студенти звикли до персоналізованих цифрових сервісів (соціальні мережі, стрімінгові платформи), які адаптують контент під їхні індивідуальні вподобання [28]. Переходячи в освітнє середовище, вони очікують подібної гнучкості та індивідуалізації, але натомість часто стикаються з уніфікованою, «однаковою для всіх» системою. Цей дисонанс між досвідом у повсякденному цифровому житті та досвідом у навчанні призводить до зниження залученості, втрати інтересу та падіння академічної успішності.

Третій виклик є внутрішньоорганізаційним і полягає у зростаючій гетерогенності навчальних груп. Ця проблема є хронічною для системи професійної освіти, але в сучасних умовах вона набуває особливої гостроти. В межах однієї академічної групи збираються здобувачі з кардинально різним рівнем базової шкільної підготовки (особливо з математики та фізики, що є критичним для технічних спеціальностей), різною швидкістю засвоєння нового матеріалу, різними когнітивними стилями (візуали, аудіали, кінестетики) та діаметрально протилежним рівнем вмотивованості. Викладач, обмежений рамками навчальної програми та часу, змушений орієнтуватися на умовного «середнього» учня. Такий підхід, як показує педагогічна практика, є неефективним для всіх категорій здобувачів:

- Здібні та вмотивовані учні, які швидко засвоюють матеріал, змушені чекати на решту групи, що призводить до нудьги, втрати інтересу та уповільнення їхнього індивідуального розвитку. Їхній потенціал залишається нереалізованим.
- Слабші учні, які потребують більше часу або додаткових пояснень для засвоєння базових понять, не встигають за загальним темпом групи. Вони накопичують прогалини в знаннях, які, подібно до снігового кому,

унеможливають розуміння наступних, більш складних тем. Це призводить до фрустрації, втрати віри у власні сили та, зрештою, до академічної неспішності.

Четвертий виклик пов'язаний з готовністю самих педагогічних кадрів та інерційністю традиційної педагогічної системи. Ефективна інтеграція нових технологій вимагає від викладача не лише технічних навичок роботи з ними, а й, що більш важливо, фундаментальної перебудови власної методичної системи, переосмислення своєї ролі в освітньому процесі. Багато педагогів, вихованих у парадигмі знаннєвого підходу, продовжують розглядати себе як основне джерело інформації, а технології – лише як допоміжний засіб для її трансляції (наприклад, використання презентацій замість крейди та дошки). Як зазначають у своїх працях М. І. Жалдак та М. Ю. Кадемія, справжня цифрова трансформація освіти вимагає переходу від простого використання ІКТ до формування цілісного техно-педагогічного знання (ТРАСК), де технологія, педагогіка та зміст предмету нерозривно пов'язані [12; 14]. Це вимагає від викладачів постійного професійного розвитку, гнучкості та готовності до експериментів, що в умовах значного навантаження та недостатньої методичної підтримки є серйозним бар'єром.

Системною відповіддю на сукупність цих викликів є радикальна персоналізація навчального процесу. Під персоналізацією ми, спираючись на роботи О. І. Ляшенко, А. А. Прокопенко та міжнародний досвід [21; 27; 48], розуміємо освітню стратегію, що передбачає проектування та реалізацію індивідуальної освітньої траєкторії для кожного здобувача освіти шляхом динамічної адаптації таких компонентів навчального процесу:

- Зміст навчання: надання кожному учню саме того навчального матеріалу (теоретичних блоків, прикладів, завдань), який відповідає його поточному рівню знань та спрямований на заповнення виявлених прогалин.
- Темп навчання: надання можливості кожному учню рухатись освітньою траєкторією з індивідуальною, комфортною для нього швидкістю, без штучного уповільнення чи прискорення.

- Методи та форми подання інформації: врахування індивідуальних когнітивних стилів шляхом пропонування контенту в різних форматах (текст, відео, інтерактивна симуляція, аудіо).
- Методи контролю та оцінювання: перехід від переважно підсумкового контролю до формувального оцінювання, де результат використовується не стільки для констатації рівня, скільки для миттєвого коригування подальшої навчальної траєкторії.

Ідея індивідуального підходу є класичною для педагогіки, проте її практична реалізація в умовах масової професійної освіти завжди була утопією через неможливість однієї людини (викладача) одночасно відстежувати прогрес, діагностувати труднощі та коригувати навчання для десятків учнів. Сучасні цифрові технології, і передусім технології штучного інтелекту, вперше в історії надають реальний інструментарій для автоматизації цих процесів та втілення ідеї персоналізації в життя [13; 31; 45].

У контексті професійної освіти, зокрема підготовки фахівців автомобільної галузі, потреба в персоналізації є особливо нагальною. На відміну від загальної освіти, її метою є не просто засвоєння певного обсягу знань, а формування чіткого набору професійних компетентностей, що забезпечують готовність випускника до ефективної роботи на конкретному робочому місці. Персоналізований підхід дозволяє:

- Забезпечити гарантоване досягнення результатів: індивідуальна траєкторія дозволяє кожному учню, незалежно від його стартового рівня, приділити стільки часу та зусиль, скільки необхідно для оволодіння кожною конкретною компетентністю (напр., «діагностика системи ABS») до необхідного рівня майстерності.
- Підвищити внутрішню мотивацію та престиж професії: навчання, що є цікавим, адекватним за складністю та таким, що дає відчуття постійного прогресу, значно підвищує залученість та інтерес здобувачів освіти. Використання сучасних технологій, таких як віртуальні симулятори та

адаптивні платформи, також сприяє підвищенню привабливості та престижу робітничих професій в очах молоді [38; 47].

- Оптимізувати роль викладача: звільняючи педагога від рутинних завдань з трансляції базової інформації та її перевірки, персоналізовані системи дозволяють йому сконцентруватися на більш складних педагогічних функціях – ролі тьютора, наставника, консультанта, організатора проектної та командної роботи, де людський фактор є незамінним.

Таким чином, всебічний аналіз сучасних викликів, що постають перед системою професійної освіти, від технологічних та ринкових до психолого-педагогічних, однозначно вказує на вичерпання потенціалу традиційної, уніфікованої моделі навчання. Перехід до персоналізації освітнього процесу є не просто модною тенденцією, а об'єктивною необхідністю та стратегічною відповіддю на ці виклики. Це формує чіткий соціальний та науковий запит на пошук, обґрунтування та розробку ефективних інструментів і технологій, здатних забезпечити таку персоналізацію в масовій практиці, що і є центральним завданням даного дипломного дослідження.

1.2. Теоретичні основи адаптивного навчання та роль штучного інтелекту в його реалізації

Обґрунтована в попередньому підрозділі потреба в персоналізації навчального процесу вимагає переходу до конкретних педагогічних моделей та технологій, здатних реалізувати цю ідею на практиці. Однією з найбільш перспективних та науково обґрунтованих моделей такого роду є адаптивне навчання (adaptive learning). У даному підрозділі ми розглянемо теоретичні основи цієї концепції, її ключові компоненти та проаналізуємо ту фундаментальну роль, яку відіграють технології штучного інтелекту в її сучасній імплементації.

Сутність та еволюція концепції адаптивного навчання

Концепція адаптивного навчання має глибоке коріння в педагогічній та

психологічній науці. Її витоки можна простежити в роботах, присвячених диференційованому та індивідуалізованому навчанню. Одним з ідейних попередників адаптивного навчання є теорія програмованого навчання Б. Ф. Скіннера, яка передбачала поділ навчального матеріалу на малі порції («кадри») та негайне підкріплення правильної відповіді, що дозволяло кожному учню рухатися у власному темпі. Проте, ключовим теоретичним підґрунтям сучасної концепції адаптивного навчання є теорія зони найближчого розвитку (ЗНР), розроблена Л. С. Виготським. Згідно з цією теорією, найбільш ефективно навчання відбувається тоді, коли здобувачу освіти пропонуються завдання, які він ще не може виконати самостійно, але здатний виконати з допомогою (підказкою, навідним запитанням) з боку викладача або більш компетентного товариша. Саме утримання учня в цьому стані продуктивного виклику, між тим, що вже відомо, і тим, що є принципово недосяжним, є центральним завданням адаптивного навчання.

У сучасному науковому дискурсі, узагальненому в працях О. І. Ляшенко, Р. П. Медведєва та зарубіжних дослідників, таких як С. Wokington [21; 1; 48], адаптивне навчання визначається як освітній підхід, за якого навчальна система (що включає як технологічні компоненти, так і діяльність викладача) динамічно коригує параметри освітнього процесу в режимі реального часу, спираючись на дані про індивідуальні особливості, потреби та навчальну поведінку кожного здобувача освіти.

Важливо розрізняти поняття «адаптація» та «адаптивність». Якщо традиційна диференціація передбачає лише адаптацію (викладач заздалегідь готує кілька варіантів завдань для умовних «сильних», «середніх» та «слабких» учнів), то справжнє адаптивне навчання має властивість адаптивності – здатності системи до безперервної, динамічної самозміни у відповідь на дії учня. Це не просто три варіанти контрольної роботи, а потенційно мільйони унікальних освітніх траєкторій.

Компонентна модель адаптивної навчальної системи

Незалежно від конкретної технологічної реалізації, будь-яка повноцінна

адаптивна навчальна система (АНС), як зазначають дослідники в галузі інтелектуальних тьюторських систем [35; 41], базується на циклічній взаємодії чотирьох ключових компонентів, що утворюють так званий «цикл адаптації»:

1. **Модель предметної області (Domain Model):** Це формалізоване, структуроване представлення знань, умінь та навичок, які необхідно засвоїти в рамках навчального курсу. На відміну від традиційного лінійного переліку тем, у сучасних АНС ця модель найчастіше реалізується у вигляді графу знань (компетентностей). У цьому графі вершинами є окремі дидактичні одиниці (поняття, факти, навички, компетентності), а ребрами – логічні зв'язки між ними («є передумовою для», «є частиною», «є окремим випадком»). Кожна вершина пов'язана з набором навчальних об'єктів (текст, відео, тест, завдання в симуляторі) різного рівня складності.

2. **Модель здобувача освіти (Student Model / Learner Model):** Це динамічний, постійно оновлюваний цифровий профіль кожного учня, який є «серцем» адаптивної системи. Ця модель зберігає не просто оцінки, а комплексну інформацію, що включає:

- *Когнітивний стан:* поточний рівень засвоєння кожної дидактичної одиниці з моделі предметної області.
- *Історію навчання:* послідовність пройдених тем, витрачений час, результати тестів, зроблені помилки.
- *Метакогнітивні характеристики:* дані про навчальні преференції (наприклад, схильність до візуального чи текстового контенту), темп навчання.
- *Афективний стан:* непрямі показники мотивації, залученості, рівня стресу (наприклад, за швидкістю відповідей, частотою пауз).

3. **Педагогічна (інструкційна) модель (Pedagogical Model / Instructional Model):** Це «мозок» системи, що містить набір правил, евристик та алгоритмів, які визначають, *що і як* робити далі. Отримуючи дані з Моделі предметної області та Моделі здобувача освіти, саме цей компонент приймає педагогічні рішення:

- *Що* вивчати наступним (вибір наступної дидактичної одиниці, що знаходиться в зоні найближчого розвитку учня).
- *Як* це вивчати (вибір конкретного навчального об'єкта, що відповідає рівню та когнітивному стилю учня).
- *Який* зворотний зв'язок надати (генерація підказки, пояснення до помилки, рекомендація додаткового матеріалу).

4. Модель середовища (Environment Model / Interface Model): Це інтерфейс, через який відбувається взаємодія учня з системою. Він має забезпечувати інтуїтивно зрозумілу навігацію, чітку візуалізацію навчального контенту та рекомендацій, а також ефективно збирати дані про дії користувача для оновлення Моделі здобувача освіти.

Ефективність адаптивної системи визначається тим, наскільки точно та швидко вона здатна реалізовувати цей цикл: зібрати дані про дію учня → оновити модель його знань → прийняти педагогічне рішення → представити новий контент.

Роль штучного інтелекту в реалізації адаптивного навчання

На ранніх етапах розвитку комп'ютерного навчання (60-80-ті роки ХХ ст.) спроби реалізувати адаптивність зводилися до простих алгоритмів розгалуження (наприклад, «якщо учень відповів на питання правильно – перехід до складнішого, якщо ні – до простішого»). Такі системи були жорстко запрограмованими, негнучкими і не могли враховувати всю складність навчального процесу.

Справжній прорив у реалізації концепції адаптивного навчання став можливим лише з розвитком технологій штучного інтелекту (ШІ). ШІ – це галузь комп'ютерних наук, що займається створенням систем, здатних виконувати завдання, які зазвичай вимагають людського інтелекту: сприйняття, міркування, навчання, прийняття рішень [15; 34]. Саме методи ШІ дозволили перейти від простої автоматизації до справжньої інтелектуалізації навчальних систем, забезпечуючи ефективне функціонування кожного з компонентів адаптивного циклу.

1. Роль ІІІ у побудові Моделі предметної області

Методи обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP) та машинного навчання дозволяють автоматизувати процес створення та структурування графу знань. Системи ІІІ можуть аналізувати великі масиви навчальних текстів (підручники, статті, технічна документація), автоматично виокремлювати ключові поняття та встановлювати семантичні зв'язки між ними, значно полегшуючи роботу викладачів-експертів [5; 45].

2. Роль ІІІ у побудові Моделі здобувача освіти

Це сфера, де внесок ІІІ є найбільш критичним. Прості оцінки за тести дають дуже обмежене уявлення про реальний рівень знань учня. Методи ІІІ, зокрема освітній дейтамайнінг (Educational Data Mining, EDM) та навчальна аналітика (Learning Analytics, LA), дозволяють аналізувати «цифровий слід» учня (кліки, час на сторінці, траєкторію руху миші, послідовність дій у симуляторі) для побудови значно більш точної та багатовимірної моделі. Алгоритми байєсівського висновку (Bayesian Knowledge Tracing) дозволяють імовірно оцінювати рівень засвоєння кожної компетентності, а методи кластеризації – виявляти типові профілі учнів та їхні хибні уявлення (misconceptions) [37; 43].

3. Роль ІІІ в Педагогічній моделі

Саме тут реалізуються найскладніші інтелектуальні функції. Замість жорстких правил «якщо-то», сучасні АНС використовують складні алгоритми ІІІ для прийняття рішень:

- Рекомендаційні системи: Подібно до того, як Netflix рекомендує фільми, АНС на основі методів колаборативної фільтрації або контент-базованих методів може рекомендувати учню навчальні об'єкти, які виявились найбільш корисними для інших учнів зі схожим профілем [13].
- Машинне навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning): Система може розглядатися як агент, який навчається оптимальної педагогічної стратегії шляхом спроб та помилок, прагнучи максимізувати

довгостроковий навчальний результат (наприклад, підсумкову оцінку) для кожного учня [62].

- Генеративний ШІ: Сучасні великі мовні моделі (LLM), такі як GPT, можуть використовуватися для динамічної генерації персоналізованих завдань, пояснень до помилок та ведення діалогу з учнем природною мовою, імітуючи роботу індивідуального тьютора [11; 43].

4. Роль ШІ в Моделі середовища

ШІ використовується для створення інтелектуальних інтерфейсів, включаючи віртуальних асистентів та чат-ботів, які можуть надавати учням миттєву технічну та методичну підтримку 24/7. Також технології віртуальної та доповненої реальності (VR/AR) з елементами ШІ дозволяють створювати імерсивні, реалістичні навчальні середовища (наприклад, віртуальна майстерня для ремонту автомобіля), які адаптуються до дій учня [4; 31].

Таким чином, можна констатувати, що штучний інтелект є не просто одним із інструментів, а технологічним фундаментом, який уможливорює практичну реалізацію ідей адаптивного навчання в сучасному масштабі. Він дозволяє перейти від статичної диференціації до динамічної персоналізації, від усередненого підходу до побудови унікальних освітніх траєкторій. Саме інтеграція педагогічних теорій (зокрема, теорії ЗНР) та потужних обчислювальних можливостей ШІ створює синергетичний ефект, що відкриває нові горизонти для підвищення ефективності та якості професійної освіти, що й буде предметом подальшого проектування в нашій роботі.

1.3. Обґрунтування педагогічної моделі інтеграції систем штучного інтелекту в процес адаптивного навчання здобувачів професійної освіти

На основі проведеного в попередніх підрозділах аналізу, який виявив системні виклики сучасної професійної освіти та розкрив теоретичні засади і технологічний потенціал адаптивного навчання на базі штучного інтелекту, постає завдання розробки цілісної педагогічної моделі. Така модель має

виступати не просто технічною схемою, а концептуальною рамкою, що визначає мету, принципи, зміст, форми та методи організації освітнього процесу, трансформованого під впливом інтелектуальних технологій. Метою даного підрозділу є теоретичне обґрунтування та опис такої моделі, розробленої з урахуванням специфіки підготовки кваліфікованих робітників, зокрема у галузі автомобільного транспорту.

Розроблювана модель, що отримала назву компетентнісно-орієнтованої адаптивної моделі інтеграції ШІ (КОАМІ), базується на синергії кількох фундаментальних методологічних підходів: системного, компетентнісного, особистісно-орієнтованого та діяльнісного. Її проектування спирається на низку вихідних принципів, що визначають її архітектуру та логіку функціонування.

Методологічні засади та принципи побудови моделі

Фундаментом пропонованої моделі є принцип студентоцентризму, який передбачає зміщення фокусу з процесу викладання на процес учіння, де здобувач освіти виступає активним суб'єктом власної освітньої діяльності. Цей принцип реалізується через ключову ідею персоналізації та побудови індивідуальних освітніх траєкторій, що є прямою відповіддю на виклики гетерогенності навчальних груп та когнітивних особливостей «цифрового покоління», проаналізованих у підрозділі 1.1.

Другим наріжним каменем є компетентнісний підхід, що для професійної освіти має визначальне значення. На відміну від знаннєвої парадигми, де кінцевою метою є засвоєння певного обсягу інформації, компетентнісний підхід орієнтує освітній процес на формування у випускника здатності успішно діяти в реальних, зокрема й нестандартних, професійних ситуаціях. Це означає, що структура навчального матеріалу та логіка його засвоєння мають бути підпорядковані не абстрактній науковій систематиці, а структурі професійної діяльності. Саме тому ядром змістовного блоку моделі виступає не лінійний перелік тем, а граф професійних компетентностей.

Третім принципом є принцип діяльнісної спрямованості та

конструктивізму. Модель передбачає відхід від пасивної трансляції знань на користь створення освітнього середовища, в якому здобувач освіти активно конструює власне знання через розв'язання проблемних завдань, виконання практичних дій та взаємодію з навчальним контентом. Цей принцип реалізується через широке використання інтерактивних елементів, симуляторів та завдань, що моделюють реальні професійні ситуації.

Нарешті, четвертим, технологічним принципом є принцип керованої адаптивності на основі даних (data-driven adaptation). Функціонування моделі базується на безперервному зборі та інтелектуальному аналізі даних про навчальну діяльність кожного студента. Педагогічні рішення, що приймаються системою та викладачем, є не інтуїтивними, а обґрунтованими об'єктивними даними навчальної аналітики, що дозволяє досягти високого рівня точності та ефективності персоналізації.

Спираючись на ці засади, пропонується структура педагогічної моделі КОАМІ, що складається з чотирьох взаємопов'язаних блоків: концептуально-цільового, змістовно-процесуального, адаптивно-управлінського та діагностико-коригувального.

Структурно-функціональні компоненти моделі КОАМІ

1. Концептуально-цільовий блок. Цей блок визначає стратегічні орієнтири моделі та відповідає на питання «Навіщо?» і «Для чого?».

- Мета моделі: підвищення якості професійної підготовки кваліфікованих робітників шляхом створення персоналізованого, гнучкого та мотивуючого освітнього середовища на основі інтеграції технологій адаптивного навчання та штучного інтелекту.

- Завдання:
 - Забезпечити гарантоване досягнення кожним здобувачем освіти рівня сформованості професійних компетентностей, що відповідає вимогам ринку праці.

- Сформувати у здобувачів освіти стійку внутрішню мотивацію до навчання та розвитку, а також ключові компетентності XXI століття (критичне мислення, навички самостійного навчання, цифрова грамотність).

- Оптимізувати освітній процес, підвищивши його ефективність та вивільнивши ресурс викладача для виконання складних тьюторських та організаційних функцій.

2. Змістовно-процесуальний блок. Цей блок є ядром моделі, що описує, *що* вивчається і *як* відбувається процес навчання. Він інтегрує в собі Модель предметної області та Модель здобувача освіти, описані в попередньому підрозділі, надаючи їм специфічного педагогічного забарвлення.

- Компетентнісний граф предметної області. Зміст навчальної дисципліни (напр., «Діагностика електронних систем автомобіля») представляється не у вигляді лінійного тематичного плану, а як ієрархічний граф. Вершинами графу є професійні компетентності різного рівня: від базових знань (напр., «знати закон Ома») та елементарних навичок («вміти користуватися мультиметром») до інтегральних компетентностей вищого порядку («бути здатним діагностувати несправність у системі запалювання»). Ребра графу встановлюють передумовні зв'язки, що є критично важливим для логіки адаптації.

- Багаторівневий та поліформатний навчальний контент. Кожна компетентність у графі пов'язана з набором цифрових навчальних об'єктів. Відповідно до діяльнісного підходу, ці об'єкти мають забезпечувати не лише пасивне сприйняття, а й активну взаємодію. Тому, окрім традиційних текстів лекцій та відео, особлива увага приділяється інтерактивним схемам, що демонструють роботу вузлів автомобіля, та, що найважливіше для професійної освіти, віртуальним симуляторам. Симулятори дозволяють у безпечному та контрольованому середовищі відпрацьовувати практичні навички (напр., підключення діагностичного сканера, проведення вимірювань, пошук несправності), що є неможливим у традиційному дистанційному форматі.

Кожен навчальний об'єкт має метадані, що описують його складність, тип та зв'язок з компетентностями.

- Динамічний профіль навчальних досягнень здобувача освіти. Цей компонент є цифровим двійником учня в системі. За допомогою методів ШІ він безперервно акумулює та аналізує дані про всі аспекти його навчальної діяльності, формуючи багатовимірну Модель здобувача освіти. Ця модель відображає не просто середній бал, а деталізовану карту засвоєння кожної компетентності з графу, типові помилки, швидкість проходження матеріалу та навіть поведінкові патерни, що можуть свідчити про рівень зацікавленості чи фрустрації.

3. Адаптивно-управлінський блок. Цей блок є «рушієм» моделі, що реалізує механізми адаптації та управління індивідуальною освітньою траєкторією. Його функціонування забезпечується алгоритмами штучного інтелекту.

- Адаптивний цикл «Діагностика – Прогнозування – Рекомендація – Зворотний зв'язок». Система функціонує в безперервному циклі. На основі аналізу динамічного профілю учня (діагностика) система прогнозує, який навчальний елемент знаходиться в його зоні найближчого розвитку. Далі вона генерує рекомендацію – пропонує учню конкретний навчальний об'єкт (текст, відео, завдання). Після виконання дії система надає миттєвий зворотний зв'язок та, оновивши профіль учня, розпочинає новий цикл.

- Дворівнева адаптація. Адаптація в рамках моделі відбувається на двох рівнях. Макроадаптація полягає у побудові глобальної індивідуальної освітньої траєкторії на основі вхідного тестування та довгострокових освітніх цілей. Мікроадаптація відбувається в режимі реального часу, коли система коригує наступний крок (наприклад, пропонує простіше завдання або додаткове пояснення) безпосередньо в процесі роботи учня над темою.

- Трансформація ролі викладача: перехід до тьюторингу. Важливо наголосити, що дана модель не замінює, а трансформує роль викладача. ШІ бере на себе рутинні функції з подачі інформації та її первинного контролю.

Це вивільняє час та інтелектуальний ресурс викладача для виконання складніших педагогічних завдань. Використовуючи аналітичну панель (дашборд), яка візуалізує дані про прогрес усієї групи та кожного окремого учня, викладач перетворюється на тьютора, освітнього аналітика та наставника. Він може ідентифікувати системні проблеми, що виникають у групи, проводити цільові консультації з учнями, що мають труднощі, організовувати проектну роботу та зосереджуватися на розвитку практичних навичок у майстернях, які неможливо повністю симулювати.

4. Діагностико-коригувальний блок. Цей блок відповідає за систему оцінювання та контролю, яка в рамках моделі також зазнає суттєвих змін.

- **Пріоритет формувального оцінювання.** Основний акцент зміщується з підсумкового (сумативного) оцінювання, що констатує результат, на безперервне формувальне оцінювання, що слугує інструментом для коригування процесу навчання. Кожен тест, кожне завдання в симуляторі є не стільки засобом контролю, скільки діагностичним інструментом для системи та самого учня.

- **Автентичність оцінювання.** Для професійної освіти оцінювання має бути максимально наближеним до реальної професійної діяльності. Тому, окрім традиційних тестів, ключову роль в оцінюванні відіграють показники успішності виконання завдань у віртуальних симуляторах, результати проектної роботи та портфоліо практичних робіт. Система ІІІ дозволяє автоматизувати аналіз цих складних видів діяльності, наприклад, оцінюючи не лише кінцевий результат у симуляторі, а й оптимальність послідовності дій, витрачений час та використані інструменти.

Обґрунтування ефективності моделі

Запропонована компетентнісно-орієнтована адаптивна модель інтеграції ІІІ є педагогічно доцільною та потенційно ефективною, оскільки вона надає системну відповідь на ключові виклики, що стоять перед професійною освітою. Вона дозволяє подолати кваліфікаційний розрив завдяки гнучкості компетентнісного графу, який може оперативно

оновлюватися відповідно до вимог ринку праці. Модель відповідає когнітивним особливостям «цифрового покоління» через високий рівень інтерактивності, візуалізації та миттєвого зворотного зв'язку. Вона вирішує проблему гетерогенності груп, забезпечуючи для кожного здобувача освіти власну освітню траєкторію та утримуючи його в зоні найближчого розвитку. Нарешті, модель не нівелює, а посилює роль викладача, перетворюючи його на висококваліфікованого тьютора та освітнього аналітика.

Таким чином, розроблена та обґрунтована педагогічна модель КОАМІ є цілісною теоретичною конструкцією, що інтегрує сучасні досягнення педагогічної науки та технологій штучного інтелекту. Вона слугує концептуальним кресленням для подальшої розробки конкретної методики та інструментарію адаптивного навчання, експериментальна перевірка ефективності яких є завданням наступних розділів даного дослідження.

У першому розділі «Теоретико-методологічні засади інтеграції штучного інтелекту в освітній процес» було здійснено комплексний аналіз проблеми, що дозволило сформулювати концептуальне підґрунтя для подальшого дослідження. Проведена робота дає змогу зробити низку узагальнюючих висновків.

На основі аналізу наукових джерел та сучасного соціально-економічного контексту (підрозділ 1.1) було ідентифіковано та систематизовано ключові виклики, що стоять перед системою професійної (професійно-технічної) освіти України. Доведено, що традиційна уніфікована освітня модель виявляється недостатньо ефективною в умовах динамічного технологічного оновлення ринку праці, що призводить до кваліфікаційного розриву; зміни когнітивних особливостей «цифрового покоління» здобувачів освіти, що вимагає високого рівня інтерактивності та візуалізації; та зростаючої гетерогенності навчальних груп, що нівелює ефективність фронтальних методів навчання. Обґрунтовано, що стратегічною відповіддю на ці виклики є

перехід до персоналізації навчального процесу, який передбачає побудову індивідуальних освітніх траєкторій для кожного здобувача освіти.

Вивчено теоретичні основи концепції адаптивного навчання (підрозділ 1.2), яка виступає провідною педагогічною моделлю реалізації персоналізації. Розкрито, що її методологічним ядром є теорія зони найближчого розвитку Л.С. Виготського, а її функціональною основою – кібернетична модель «циклу адаптації», що включає Модель предметної області, Модель здобувача освіти, Педагогічну модель та Модель середовища. Встановлено, що технологічним фундаментом, який дозволив перейти від ідей диференціації до практичної реалізації динамічної адаптивності, є технології штучного інтелекту. Проаналізовано роль методів ШІ (машинного навчання, освітнього дейтамайнінгу, генеративних моделей) у функціонуванні кожного з компонентів адаптивної системи.

На основі синтезу виявлених проблем, методологічних підходів та технологічних можливостей розроблено та теоретично обґрунтовано компетентнісно-орієнтовану адаптивну модель інтеграції штучного інтелекту (КОАМІ) для системи професійної освіти (підрозділ 1.3). Запропонована модель складається з чотирьох взаємопов'язаних блоків (концептуально-цільового, змістовно-процесуального, адаптивно-управлінського, діагностико-коригувального) та базується на принципах студентоцентризму, компетентнісного та діяльнісного підходів. Ключовими елементами моделі є компетентнісний граф предметної області та динамічний цифровий профіль здобувача освіти, а її функціонування забезпечується алгоритмами ШІ в рамках безперервного адаптивного циклу. Модель передбачає трансформацію ролі викладача з транслятора знань на тьютора-аналітика.

Таким чином, у першому розділі було здійснено перехід від аналізу зовнішніх викликів до формування цілісного теоретико-методологічного бачення шляхів їх подолання. Розроблена педагогічна модель КОАМІ є концептуальною основою, що визначає подальші кроки дослідження, пов'язані

з проектуванням конкретної методики та технологічної реалізації адаптивної навчальної системи, що є предметом розгляду в наступному розділі.

РОЗДІЛ II. МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКИ АДАПТИВНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Огляд та аналіз існуючих платформ та інструментів на основі штучного інтелекту для створення адаптивного освітнього контенту

Перехід від теоретико-методологічного обґрунтування моделі інтеграції штучного інтелекту (ШІ), розглянутого в першому розділі, до практичної реалізації вимагає глибокого аналізу наявного інструментарію. Сучасний ринок освітніх технологій (EdTech) пропонує широкий спектр платформ та інструментів, що використовують алгоритми ШІ для реалізації принципів адаптивного навчання. Однак їх ефективність та доцільність застосування суттєво варіюються залежно від специфіки освітньої галузі, цілей навчання та технічних можливостей закладу освіти. Для професійної (професійно-технічної) освіти, зокрема для підготовки фахівців автомобільно-механічного профілю в умовах ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій», цей вибір має бути особливо виваженим, адже він повинен враховувати не лише засвоєння теоретичних знань, а й формування стійких практичних навичок.

Метою даного підрозділу є систематизація, огляд та критичний аналіз існуючих платформ та інструментів на основі ШІ з точки зору їх потенційної імплементації в освітній процес підготовки майбутніх автомеханіків, діагностів та інших фахівців галузі. Аналіз буде проведено за такими ключовими напрямками:

1. Інтелектуальні системи тьюторингу (Intelligent Tutoring Systems, ITS): системи, що імітують індивідуальну роботу викладача-репетитора.
2. Адаптивні навчальні платформи (Adaptive Learning Platforms, ALP): комплексні рішення, що інтегруються в системи управління навчанням (LMS) або функціонують автономно.

3. Інструменти для генерації та персоналізації контенту на основі ІІІ: сервіси, що допомагають викладачам створювати адаптивні матеріали.

4. Спеціалізовані симулятори та віртуальні лабораторії з елементами ІІІ: інструменти для відпрацювання практичних навичок у віртуальному середовищі.

1. Інтелектуальні системи тьюторингу (ІСТ)

ІСТ є одним із найдавніших і найбільш досліджених напрямів застосування ІІІ в освіті. Їх ключова ідея полягає у створенні комп'ютерної системи, здатної вести діалог зі здобувачем освіти, діагностувати його помилки, ставити навідні запитання та надавати підказки так, як це робив би досвідчений педагог. Класична архітектура ІСТ включає чотири основні модулі:

- Модель предметної області (Domain Model): містить знання, які необхідно засвоїти (наприклад, принципи роботи двигуна внутрішнього згоряння, алгоритми діагностики електронних систем автомобіля).
- Модель здобувача освіти (Student Model): динамічно відстежує поточний рівень знань, навичок, типові помилки та когнітивні особливості учня.
- Педагогічна модель (Tutoring Model): на основі даних з перших двох моделей приймає рішення про те, *що і як* представити учню далі (яке завдання, яку підказку, який теоретичний матеріал).
- Інтерфейс користувача (User Interface): забезпечує взаємодію між учнем та системою.

Приклади та аналіз релевантності для автомобільної галузі:

- AutoTutor: Одна з класичних ІСТ, розроблена для навчання фізики та комп'ютерних наук. AutoTutor веде діалог зі студентом природною мовою, спонукаючи його до глибокого осмислення матеріалу через навідні питання та аналіз відповідей.

○ *Потенціал для Рівненського коледжу:* Принципи AutoTutor можуть бути екстрапольовані на вивчення фундаментальних дисциплін, таких

як «Технічна механіка» або «Електротехніка». Уявімо діалог, де система ставить учню проблему: «Чому двигун втрачає потужність на високих обертах?» і, аналізуючи відповіді учня («погане паливо», «забитий фільтр»), веде його до розуміння складніших причин, пов'язаних із системою запалювання чи паливоподачі. Це розвиває не шаблонне, а саме діагностичне мислення.

- *Обмеження:* Розробка власної ICT на кшталт AutoTutor є надзвичайно ресурсомістким процесом, що вимагає залучення програмістів, експертів з предметної області та педагогічних дизайнерів.

- SHERLOCK: ICT, розроблена для ВПС США для навчання техніків з діагностики авіоніки. Система пропонує студентам реалістичні сценарії несправностей, а ШІ-тьютор надає підказки, лише коли студент заходить у глухий кут, фокусуючись на розвитку самостійного мислення.

- *Потенціал для Рівненського коледжу:* Ця модель є майже ідеальним прототипом для професійної освіти. Можна розробити аналогічну систему для діагностики несправностей сучасних автомобілів (наприклад, CAN-шини, систем ABS/ESP). Здобувач освіти працює з віртуальним діагностичним сканером, а система аналізує послідовність його дій: чи перевірів він базові речі (запобіжники, контакти), чи правильно інтерпретував коди помилок, чи не пропустив важливий крок.

- *Обмеження:* Висока вартість розробки та необхідність постійного оновлення моделі предметної області відповідно до появи нових моделей автомобілів та технологій.

Висновок по ICT: Інтелектуальні системи тьюторингу мають величезний педагогічний потенціал для формування глибоких діагностичних навичок. Однак створення повноцінної ICT «з нуля» для потреб одного коледжу є малореалістичним. Більш перспективним є використання окремих принципів ICT при проектуванні власного адаптивного модуля або пошук готових спеціалізованих рішень.

2. Адаптивні навчальні платформи (АНП)

АНП є більш комплексними та масштабованими рішеннями порівняно з ІСТ. Вони часто інтегруються з існуючими системами управління навчанням (LMS), такими як Moodle, або функціонують як самостійні екосистеми. Їх головна мета – автоматичне побудування індивідуальних освітніх траєкторій для кожного здобувача освіти в межах цілого курсу чи дисципліни. ІІІ в таких платформах аналізує великі масиви даних (Big Data) про взаємодію всіх студентів з контентом: швидкість проходження тем, кількість спроб на тестах, час, витрачений на відео, активність на форумах.

Приклади та аналіз релевантності:

- Knewton (зараз частина Wiley): Одна з піонерських платформ, що використовує графову модель знань. Кожен елемент контенту (відео, текст, завдання) тегується відповідно до концептів, які він покриває. Коли учень робить помилку, система визначає не лише те, що він не знає, а й *чому* (виявляє прогалини у базових, попередніх знаннях) і пропонує матеріал саме для усунення цієї першопричини.

- *Потенціал для Рівненського коледжу:* Ця модель ідеально підходить для теоретичних курсів, де знання мають ієрархічну структуру. Наприклад, неможливо зрозуміти принцип роботи турбокомпресора, не засвоївши базові закони термодинаміки. АНП може автоматично виявити цю прогалину у конкретного учня і запропонувати йому повторити відповідний розділ з фізики, перш ніж рухатися далі. Це дозволяє уникнути ситуації, коли учень «зазубрив» визначення, але не розуміє суті явища.

- *Обмеження:* Платформи типу Knewton є комерційними та дороговартісними. Крім того, вони вимагають від викладачів значної роботи з підготовки та тегування контенту, що може стати бар'єром для масового впровадження.

- Moodle з плагінами на основі ІІІ: Moodle, будучи поширеною LMS в українських закладах освіти, має відкриту архітектуру, що дозволяє інтегрувати сторонні плагіни. Існують рішення, що додають елементи адаптивності, наприклад, плагіни для рекомендації контенту (на основі

успішності інших студентів) або для адаптивного тестування (складність наступного питання залежить від відповіді на попереднє).

- *Потенціал для Рівненського коледжу:* Це найбільш реалістичний та економічно обґрунтований шлях для початкової інтеграції ІІІ. Коледж може використовувати вже наявну інфраструктуру Moodle, доповнивши її плагінами для персоналізації. Наприклад, після проходження тесту з теми «Системи запалювання» система може автоматично порекомендувати одному учню переглянути додаткове відео про катушки запалювання, а іншому – пройти практичний симулятор з осцилографом, залежно від типу допущених помилок.

- *Обмеження:* Функціональність таких плагінів зазвичай обмежена порівняно з повноцінними АНП. Вони частіше реалізують просту адаптивність (наприклад, за рівнем складності), а не глибоку діагностику когнітивних прогалин.

3. Інструменти для генерації та персоналізації контенту на основі ІІІ Ця категорія інструментів не є повноцінними навчальними системами, але вона суттєво полегшує роботу викладача зі створення різноманітного та адаптивного освітнього контенту. Вони виступають як «помічники» педагога, автоматизуючи рутинні процеси.

Приклади та аналіз релевантності:

- Генератори тестових завдань (напр., QuestionWell, QuizGecko): Ці інструменти використовують великі мовні моделі (LLM) для аналізу тексту (наприклад, лекції, параграфа з підручника, технічної документації) та автоматичного створення тестових завдань різних типів (з однією правильною відповіддю, на відповідність, відкриті питання).

- *Потенціал для Рівненського коледжу:* Величезний. Викладач спецдисциплін може завантажити в систему інструкцію з ремонту нової моделі коробки передач, а ІІІ за лічені хвилини згенерує банк із 50-100 унікальних питань для перевірки знань учнів. Це дозволяє створювати

варіативні тести, унеможлиблюючи списування, та економити десятки годин роботи викладача.

- *Обмеження:* Якість згенерованих питань потребує обов'язкової перевірки та редагування фахівцем, оскільки ШІ може допускати фактологічні помилки або неправильно інтерпретувати вузькоспеціалізовані технічні терміни.

- Платформи для створення інтерактивних відео (напр., Edpuzzle, Synthesia): Edpuzzle дозволяє додавати в будь-яке відео (наприклад, з YouTube) інтерактивні елементи: запитання, коментарі, опитування. ШІ може допомогти в автоматичному визначенні ключових моментів для вставки запитань. Synthesia та подібні платформи дозволяють створювати навчальні відео з використанням ШІ-аватарів, що значно здешевлює та прискорює виробництво контенту.

- *Потенціал для Рівненського коледжу:* Викладач може взяти якісне відео про діагностику датчика масової витрати повітря (ДМРВ) і в ключових моментах вставити запитання: «Яку напругу ми очікуємо побачити на сигнальному проводі при ввімкненому запалюванні?». Система не дозволить учню дивитися далі, доки він не дасть правильну відповідь, забезпечуючи активне, а не пасивне засвоєння матеріалу.

- *Обмеження:* Вимагає від викладача навичок педагогічного дизайну для правильного розміщення інтерактивних елементів.

4. Спеціалізовані симулятори та віртуальні лабораторії з елементами ШІ

Для професійної освіти, де ключову роль відіграють практичні навички, цей напрям є чи не найважливішим. Симулятори дозволяють відпрацьовувати складні та небезпечні операції у безпечному віртуальному середовищі, економлячи при цьому дороговартісні матеріали та обладнання. Роль ШІ в таких симуляторах полягає у створенні нелінійних сценаріїв, наданні інтелектуального зворотного зв'язку та адаптації складності завдань.

Приклади та аналіз релевантності:

- **Electude:** Це провідна світова платформа для навчання автомеханіків, яка активно використовує принципи гейміфікації та адаптивного навчання. Вона пропонує тисячі інтерактивних симуляцій, від базових електричних кіл до повноцінної діагностики двигуна. Система на основі ШІ відстежує дії учня, оцінює їх ефективність (наприклад, чи не виконує він зайвих дій) і надає підказки.

- *Потенціал для Рівненського коледжу:* Надзвичайно високий. Electude є готовим, перевіреним часом рішенням, яке ідеально відповідає профілю коледжу. Учні можуть у віртуальному гаражі «працювати» з різними моделями автомобілів, вчитися користуватися мультиметром, осцилографом, сканером, не ризикуючи пошкодити реальне обладнання. Система адаптує складність несправностей під рівень учня: новачку запропонує просту проблему (перегорів запобіжник), а досвідченому – плаваючий дефект у проводці.

- *Обмеження:* Висока вартість ліцензії, яка може бути суттєвим бар'єром для закладу освіти. Необхідність англomовної компетенції, хоча платформа має локалізації.

- **Labster:** Платформа, що пропонує віртуальні лабораторії з хімії, фізики, біології. Хоча вона не спеціалізується на автомобільній тематиці, її принципи важливі для аналізу. ШІ-асистент веде студента через експеримент, ставить запитання та моделює реалістичні наслідки помилок.

- *Потенціал для Рівненського коледжу:* Принципи Labster можуть бути застосовані при вивченні загальнотехнічних дисциплін. Наприклад, у віртуальній лабораторії з матеріалознавства учні можуть проводити випробування металів на міцність, а ШІ буде моделювати деформації та руйнування зразків, пояснюючи фізичні процеси, що відбуваються.

- *Обмеження:* Відсутність готових лабораторних робіт з вузькоспеціалізованих автомобільних дисциплін.

Порівняльний аналіз та синтез

Для узагальнення проведеного огляду представимо порівняльну

таблицю ключових типів інструментів з точки зору їх застосовності в ЗП(ПТ)О автомобільно-механічного профілю.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз платформ та інструментів на основі
III

Критерій	Інтелектуальні системи тьюторингу (ІСТ)	Адаптивні навчальні платформи (АНП)	Інструменти генерації контенту	Спеціалізовані симулятори
Основна мета	Глибоке навчання та розвиток навичок розв'язання проблем	Побудова індивідуальних освітніх траєкторій в межах курсу	Автоматизація та полегшення роботи викладача	Формування та відпрацювання практичних навичок
Ключова роль III	Діагностика помилок, надання персоналізованих підказок, ведення діалогу	Аналіз даних, рекомендація контенту, адаптивне тестування	Генерація контенту (тексти, тести, відео) на основі запиту	Моделювання реалістичних сценаріїв, інтелектуальний зворотний зв'язок
Приклади	AutoTutor, SHERLOCK	Knewton, Moodle з плагінами	QuizGecko, Synthesia	Electude, VR-тренажери
Переваги	Висока педагогічна ефективність, розвиток мислення вищого порядку	Масштабованість, можливість охоплення великої кількості учнів, інтеграція з LMS	Економія часу викладача, легкість створення різноманітного контенту	Висока залученість, безпека, економія ресурсів, реалістичність
Недоліки	Висока складність та вартість розробки, вузька спеціалізація	Висока вартість готових рішень, вимагають значної підготовчої роботи з контентом	Потребують ретельної перевірки та редагування згенерованого контенту	Висока вартість ліцензій, обмежений вибір готових рішень для специфічних тем
Релевантність для коледжу	Висока (як ідейна модель). Ідеально для діагностики, але	Висока (особливо Moodle). Практичний	Дуже висока. Легко інтегруються в поточний	Критично висока. Найбільш прямий та

	важко реалізувати.	шлях для персоналізації теорії.	процес, значно підвищують ефективність роботи викладача.	ефективний спосіб модернізації практичної підготовки.
--	-----------------------	---------------------------------------	---	---

Проведений аналіз існуючих платформ та інструментів на основі штучного інтелекту для створення адаптивного освітнього контенту дозволяє зробити низку важливих висновків.

По-перше, на ринку не існує єдиного універсального рішення, яке б повністю закривало всі потреби професійної освіти автомобільно-механічного профілю. Кожен тип інструментів має свої сильні та слабкі сторони.

По-друге, для ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій» найбільш перспективною виглядає **гібридна стратегія**, що поєднує кілька підходів. Ядром такої системи може стати існуюча або нововпроваджена LMS Moodle, функціонал якої розширюється за допомогою плагінів для адаптивного тестування та рекомендації контенту. Це дозволить реалізувати персоналізоване вивчення теоретичних дисциплін з мінімальними початковими інвестиціями.

По-третє, для підвищення ефективності роботи викладачів та якості навчальних матеріалів доцільно впровадити в освітній процес інструменти для III-генерації контенту, зокрема, для створення великих банків тестових завдань та інтерактивних відеоматеріалів.

По-четверте, ключовим елементом, що може здійснити справжній прорив у якості практичної підготовки, є інтеграція спеціалізованих симуляторів, таких як Electude, або розробка власних, більш вузькоспеціалізованих віртуальних тренажерів. Саме в симуляційному середовищі принципи адаптивного навчання на основі III розкриваються найповніше, дозволяючи кожному учню відпрацьовувати практичні навички у власному темпі, отримуючи миттєвий та змістовний зворотний зв'язок.

Таким чином, огляд існуючого інструментарію формує чітке бачення того, що проектування власної адаптивної навчальної системи (або модуля) не

повинно фокусуватися на спробі відтворити функціонал усіх існуючих платформ. Натомість, воно має бути зосереджене на розумній інтеграції та комбінації доступних інструментів, що дозволить створити цілісну екосистему, адаптовану до конкретних потреб та можливостей закладу освіти. Цей висновок є логічним переходом до наступного підрозділу, присвяченого безпосередньо проектуванню архітектури та алгоритмів такого адаптивного навчального модуля.

2.2. Проектування архітектури та алгоритмів адаптивного навчального модуля з використанням технологій ШІ

На основі проведеного в попередньому підрозділі аналізу, який виявив доцільність гібридної стратегії інтеграції ШІ, даний етап дослідження присвячений розробці конкретної архітектурно-алгоритмічної моделі адаптивного навчального модуля. Важливо наголосити, що метою не є створення нової системи управління навчанням (LMS) з нуля, що є надмірно ресурсозатратним завданням. Натомість, пропонується проектування інтелектуальної «надбудови», яка може бути інтегрована в існуючу освітню інфраструктуру ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій», зокрема, на базі платформи Moodle, та збагачена спеціалізованими інструментами.

Запропонована модель ґрунтується на трьох ключових педагогічних та кібернетичних принципах:

1. Концепція зони найближчого розвитку (Л.С. Виготський): система повинна постійно утримувати здобувача освіти в стані продуктивного виклику, пропонуючи завдання, які є трохи складнішими за його поточний рівень, але досяжними за допомогою наданих системою підказок або додаткових матеріалів.
2. Компетентнісний підхід: структура навчального матеріалу та логіка адаптації базуються не на лінійній послідовності тем, а на графі взаємопов'язаних професійних компетентностей. Засвоєння кожної компетентності є вузлом у цьому графі.

3. Модель студент-орієнтованого циклу зворотного зв'язку: система працює в безперервному циклі «Діагностика → Адаптація → Дія → Оцінка → Діагностика», що дозволяє динамічно коригувати навчальну траєкторію в режимі реального часу.

1. Концептуальна архітектура адаптивного навчального модуля
Запропонована архітектура є модульною, що забезпечує її гнучкість, масштабованість та можливість поетапного впровадження. Вона складається з чотирьох взаємопов'язаних основних блоків, структура та функції яких деталізовані в Таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Архітектура адаптивного навчального модуля

Назва блоку	Основне призначення	Ключові компоненти / Дані	Роль в адаптації
1. Базова платформа (LMS Moodle)	Надання базової інфраструктури для управління навчальним процесом та взаємодії користувачів.	- Управління користувачами - Структура курсів - Розміщення статичного контенту - Базовий інструментарій (форуми, тести)	Фундамент та інтерфейс. Забезпечує середовище для функціонування інших модулів та є точкою доступу для викладачів і студентів.
2. Модель предметної області (Domain Model)	Формалізоване представлення навчального матеріалу у вигляді структурованих знань.	- Граф компетентностей (вузли) - Логічні зв'язки (ребра) - Навчальні об'єкти (текст, відео, симуляції) - Метадані (складність, тип)	«Карта знань». Надає контент та структуру для адаптації. З цього блоку Адаптаційний модуль обирає релевантні навчальні об'єкти.
3. Модель здобувача освіти (Student Model)	Динамічне зберігання та оновлення даних про індивідуальні особливості та прогрес кожного учня.	- Вектор засвоєння компетентностей - Історія взаємодії з контентом - Класифікатор типових помилок - Виведені дані (темп, стиль	«Цифровий слід». Є основним джерелом даних для прийняття рішень про адаптацію. Всі алгоритми працюють на основі інформації з

		навчання)	цього блоку.
4. Адаптаційний модуль (Adaptation Module)	Реалізація інтелектуальних функцій; прийняття педагогічних рішень щодо персоналізації навчання.	- Підсистема діагностики - Підсистема планування траєкторії - Рекомендаційна підсистема - Генератор зворотного зв'язку	«Мозок системи». Аналізує дані з Моделі здобувача освіти та Моделі предметної області для динамічної побудови індивідуальної траєкторії.

Як видно з таблиці, кожен блок виконує унікальну функцію, а їх синергетична взаємодія забезпечує цілісність та ефективність адаптивного процесу. Взаємодія блоків відбувається наступним чином: учень взаємодіє з контентом через інтерфейс Moodle (Блок 1). Кожна його дія фіксується і передається в Модель здобувача освіти (Блок 3). Адаптаційний модуль (Блок 4) в режимі реального часу аналізує зміни в цій моделі, звертається до Моделі предметної області (Блок 2) для пошуку релевантних навчальних об'єктів і генерує для учня персоналізований контент або адаптує наступне завдання.

2. Ключові алгоритми роботи адаптаційного модуля

Реалізація функцій Адаптаційного модуля (Блок 4) забезпечується набором взаємопов'язаних алгоритмів. Розглянемо ключові з них.

Алгоритм 2.2.1: Макроадаптація – Побудова початкової індивідуальної освітньої траєкторії (ІОТ)

Цей алгоритм спрацьовує на початку вивчення великого розділу або всього курсу.

- Крок 1 (Вхідна діагностика): Здобувачу освіти пропонується пройти комплексний діагностичний тест, питання якого охоплюють усі ключові компетентності (вузли графу) з Моделі предметної області.

- Крок 2 (Ініціалізація Моделі здобувача освіти): За результатами тесту для кожного вузла графу знань обчислюється початковий коефіцієнт засвоєння (від 0 до 1). Наприклад, якщо учень правильно відповів на 4 з 5

питань по темі «Газорозподільний механізм», його початковий рівень засвоєння цієї компетентності встановлюється як 0.8.

- Крок 3 (Візуалізація графу знань): Система на основі цих даних будує персоналізований граф знань для учня, де різними кольорами позначаються вузли:

- *Зелений*: компетентність засвоєна (коефіцієнт > 0.85). Ці теми можна пропустити або переглянути для повторення.

- *Жовтий*: компетентність засвоєна частково ($0.4 < \text{коефіцієнт} < 0.85$). Ці теми потребують доопрацювання.

- *Червоний*: компетентність не засвоєна (коефіцієнт < 0.4). Ці теми є пріоритетними для вивчення.

- Крок 4 (Побудова ІОТ): Алгоритм, використовуючи топологічне сортування графу з урахуванням зв'язків-передумов, вибудовує рекомендовану послідовність вивчення «червоних» та «жовтих» тем. При цьому пріоритет надається найбільш фундаментальним компетентностям, які є передумовами для багатьох інших.

Приклад для автомеханіка: Якщо діагностика показала слабкі знання з базових законів електротехніки (червоний вузол), але при цьому учень непогано орієнтується в механічних компонентах, система не допустить його до вивчення теми «Діагностика електронного блоку управління (ЕБУ)», а натомість першочергово запропонує пройти модуль «Основи автомобільної електрики».

Алгоритм 2.2.2: Мікроадаптація – Адаптація контенту в межах одного модуля

Цей алгоритм працює в режимі реального часу під час вивчення конкретної теми. Його можна описати за допомогою набору правил «ЯКЩО-ТО».

- Правило 1 (Адаптація на основі поточної успішності):
 - ЯКЩО учень успішно проходить проміжний тест по підтемі (наприклад, $> 90\%$ правильних відповідей з першої спроби),

- ТО система пропонує йому поглиблений матеріал (стаття про новітні технології в цій галузі, відео з розбором складного випадку з практики) або дозволяє перейти до наступної підтеми, минаючи базові практичні завдання.

- ЯКЩО учень не може впоратись з тестом ($< 50\%$ правильних відповідей),

- ТО система блокує перехід до наступного матеріалу і пропонує повернутись до теорії, але в іншому форматі (наприклад, замість тексту – пояснююче відео або інтерактивну анімацію). Також система аналізує відповіді і, якщо виявляє систематичну помилку, надає цільовий зворотний зв'язок: «Зверніть увагу на різницю між послідовним та паралельним з'єднанням. Ось короткий відеоурок про це».

- Правило 2 (Адаптація на основі темпу роботи):

- ЯКЩО учень витрачає на вивчення теоретичного блоку значно більше часу, ніж середній по групі,

- ТО система може запропонувати йому спрощену версію матеріалу (тези, основні визначення) або активувати спливаючі підказки з поясненням складних термінів.

Алгоритм 2.2.3: Адаптивний вибір практичних завдань у симуляторі Цей алгоритм є ключовим для формування практичних навичок і базується на моделі оцінки майстерності, подібній до систем Elo в шахах або Glicko.

- Крок 1 (Ініціалізація рейтингів): Кожен учень має свій рейтинг майстерності R_{student} . Кожне завдання-симуляція в базі (наприклад, «Знайти обрив у колі бензонасоса», «Відкалібрувати датчик положення дросельної заслінки») має свій рейтинг складності R_{task} .

- Крок 2 (Вибір завдання): Система підбирає для учня таке завдання, для якого R_{task} є близьким до R_{student} . Це забезпечує потрапляння в зону найближчого розвитку.

- Крок 3 (Оцінка виконання): Після виконання завдання система оцінює не лише кінцевий результат (знайшов/не знайшов несправність), а й процес: час виконання, кількість зайвих дій, правильність використання віртуального інструменту (мультиметра, осцилографа), звернення до підказок. На основі цих параметрів розраховується результат S (1 – ідеальне виконання, 0 – повний провал).

- Крок 4 (Оновлення рейтингів): Рейтинги учня та завдання оновлюються за формулою, що враховує очікуваний та фактичний результат.

- Якщо учень з низьким рейтингом $R_student$ успішно виконав складне завдання R_task , його рейтинг $R_student$ значно зростає, а R_task може трохи знизитись.

- Якщо учень з високим рейтингом не впорався з простим завданням, його рейтинг $R_student$ суттєво знижується.

Цей підхід дозволяє системі не лише адаптувати складність, а й постійно уточнювати реальний рівень майстерності учня та об'єктивну складність кожного завдання.

3. Роль викладача в адаптивній системі

Важливо підкреслити, що запропонована архітектура не замінює, а розширює можливості викладача. Для нього передбачений спеціальний «дашборд» (інформаційна панель), який візуалізує дані з Моделі здобувача освіти для всієї групи:

- Загальний прогрес групи по графу компетентностей.
- Виявлення «проблемних» тем, які викликають труднощі у більшості учнів.
- Автоматичне формування списку учнів, що відстають і потребують індивідуальної уваги.
- Аналіз ефективності різних навчальних об'єктів (наприклад, яке відео виявилось найкориснішим).

Викладач має повноваження втручатись в роботу системи: він може вручну скоригувати ІОТ для будь-якого учня, призначити додаткове завдання,

або, навпаки, зарахувати тему, якщо бачить реальний прогрес учня під час очної практичної роботи в майстерні.

Таким чином, у даному підрозділі було розроблено комплексну архітектурну модель адаптивного навчального модуля, призначеного для інтеграції в освітній процес ЗП(ПТ)О автомобільно-механічного профілю. Модель, узагальнена в табличній формі, базується на гібридному підході, поєднуючи функціонал LMS Moodle, графову модель предметної області, динамічну модель здобувача освіти та інтелектуальний адаптаційний модуль.

Детально описано ключові алгоритми макро- та мікроадаптації, а також алгоритм адаптивного вибору завдань у практичних симуляторах. Запропонована архітектура є гнучкою, масштабованою та педагогічно обґрунтованою, оскільки ставить у центр освітнього процесу здобувача освіти, водночас розширюючи інструментарій та аналітичні можливості викладача.

Ця деталізована модель слугуватиме теоретичним і практичним кресленням для розробки прототипу та його подальшої експериментальної апробації, що є предметом розгляду в третьому розділі даної роботи.

2.3. Методичні рекомендації щодо впровадження та використання адаптивної навчальної системи в освітньому процесі (для викладачів та студентів)

Проектування архітектури та алгоритмів адаптивної навчальної системи, деталізоване в попередньому підрозділі, є необхідним, але не достатнім етапом для її успішної інтеграції в освітній процес. Як зазначають провідні дослідники в галузі цифрової педагогіки (В. Биков, Н. Морзе, В. Кухаренко), будь-яка освітня інновація стикається не лише з технічними, а й з психолого-педагогічними бар'єрами, зокрема з опором змінам та недостатньою сформованістю техно-педагогічної компетентності учасників освітнього процесу [8, 15]. Технологія, якою б досконалою вона не була,

залишається лише інструментом. Її педагогічна ефективність безпосередньо залежить від готовності та вміння ключових суб'єктів освітнього процесу – викладачів та здобувачів освіти – взаємодіяти з нею свідомо та продуктивно.

Відтак, розробка чітких, науково обґрунтованих методичних рекомендацій є критично важливим завданням, що забезпечує перехід від технічної моделі до дієвої педагогічної практики. Метою даного підрозділу є формулювання та обґрунтування комплексу методичних рекомендацій, спрямованих на організацію процесу впровадження та подальшого використання розробленого адаптивного навчального модуля в умовах ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій». Рекомендації структуровано за двома основними напрямками: для педагогічних працівників та для здобувачів професійної освіти, а сам процес впровадження розглядається як керований проект з чіткими етапами та результатами.

1. Стратегія та етапи впровадження адаптивної навчальної системи

Для мінімізації ризиків та забезпечення планомірного й керованого переходу до адаптивного навчання, процес впровадження пропонується розглядати як цілісний організаційно-педагогічний проект, що реалізується в три послідовні етапи. Детальний опис етапів, їх завдань, відповідальних осіб та очікуваних результатів представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Етапи організаційно-педагогічного проекту впровадження адаптивної навчальної системи

Етап	Ключові завдання	Відповідальні виконавці	Очікувані результати
I. Підготовчий (організаційно-методичний)	1. Створення робочої групи проекту. 2. Технічне розгортання та налаштування програмного модуля на базі LMS Moodle. 3. Декомпозиція навчальних програм	- Адміністрація закладу - Керівник проекту - IT-відділ - Методична служба - Викладачі-предметники	1. Затверджений план-графік проекту. 2. Функціонуючий програмний прототип. 3. Сформована Модель предметної

	пілотних дисциплін на компетентності (створення графу знань). 4. Розробка та мета-тегування навчальних об'єктів (контенту). 5. Проведення серії навчальних семінарів-тренінгів для викладачів-учасників пілотного проекту.		області для 1-2 дисциплін. 4. Викладачі, що володіють базовими навичками роботи з системою та розуміють її педагогічні засади.
II. Апробаційний (пілотне впровадження)	1. Запуск адаптивного навчання в 1-2 експериментальних групах. 2. Здійснення постійного моніторингу роботи системи та збір даних. 3. Проведення проміжного анкетування викладачів та здобувачів освіти для отримання зворотного зв'язку. 4. Технічне та методичне коригування роботи модуля на основі отриманих даних.	- Робоча група проекту - Викладачі експериментальних груп - Здобувачі освіти експериментальних груп	1. Верифікована працездатність системи в реальних умовах. 2. База даних про взаємодію користувачів з системою. 3. Перелік виявлених технічних та методичних проблем. 4. Пропозиції щодо вдосконалення алгоритмів адаптації та контенту.
III. Масштабування та супровід	1. Аналіз результатів пілотного етапу, внесення фінальних змін до системи. 2. Поступове розширення використання системи на інші дисципліни та навчальні групи. 3. Створення постійно діючої служби методичної та технічної підтримки. 4. Інтеграція роботи з адаптивною системою в загальну методичну	- Адміністрація закладу - Методична служба - IT-відділ - Увесь педагогічний колектив	1. Стабільно функціонуюча адаптивна навчальна система. 2. Розширена та актуалізована Модель предметної області. 3. Сформована культура використання адаптивних технологій в освітньому процесі. 4. Позитивна

	роботу закладу.		динаміка академічних показників.
--	-----------------	--	----------------------------------

2. Методичні рекомендації для педагогічних працівників

Успішне функціонування адаптивної системи вимагає від викладача переосмислення своєї ролі та підходів до організації навчального процесу, що узгоджується з концепцією ТРАСК (Technological Pedagogical Content Knowledge), яка наголошує на необхідності інтеграції технологічних, педагогічних та предметних знань [17].

- Рекомендація 1. Трансформація педагогічної ролі: від «транслятора знань» до «архітектора освітнього досвіду» та «тьютора». Адаптивна система бере на себе значну частину рутинної роботи з подачі теоретичного матеріалу та його базового закріплення. Це вивільняє час та інтелектуальний ресурс викладача для виконання більш складних педагогічних завдань:

- Фокус на індивідуальному супроводі: Використовуючи аналітичний дашборд системи, викладач може оперативно ідентифікувати учнів, що мають труднощі, та причини цих труднощів (конкретні теми, типи помилок). Замість фронтальної роботи з усією групою, він може організовувати цільові консультації для мікрогруп або індивідуально для учнів, що цього потребують, реалізуючи таким чином принципи диференційованого навчання [21].

- Поглиблення практичної підготовки: Час на аудиторних заняттях та в навчальних майстернях слід використовувати не для повторення базової теорії (яку учень мав засвоїти в адаптивній системі), а для розв'язання складних, нестандартних практичних завдань (кейсів), організації командної роботи над проектами, відпрацювання навичок, що вимагають тонкої моторики та безпосереднього контролю майстра. Це дозволяє перейти від репродуктивного до проблемно-пошукового та проектного методів навчання.

- Рекомендація 2. Компетентнісний підхід до проектування та актуалізації навчального контенту.

Якість роботи системи прямо залежить від якості контенту в Моделі предметної області. Викладач стає не просто користувачем, а головним розробником та куратором цієї бази знань.

- Проектування варіативних навчальних об'єктів: Для кожної дидактичної одиниці необхідно мати кілька навчальних об'єктів різного типу (текст, відео, інтерактивна схема, завдання в симуляторі) та рівня складності (базовий, середній, поглиблений). Це дасть змогу ІІІ-алгоритмам обирати найбільш релевантний контент для кожного учня з урахуванням його успішності та когнітивного стилю.

- Розробка завдань для формувального оцінювання: Слід відходити від переваги підсумкових тестів. Необхідно розробляти завдання, що перевіряють розуміння, вміння аналізувати та застосовувати знання (ситуаційні задачі, завдання на встановлення причинно-наслідкових зв'язків), результати яких використовуються не стільки для виставлення оцінки, скільки для коригування подальшого навчання [34].

- Постійна актуалізація: Автомобільна галузь стрімко розвивається. Викладач повинен регулярно оновлювати навчальні матеріали, додаючи інформацію про нові технології, моделі та методи діагностики, і відповідно коригувати граф компетентностей.

- Рекомендація 3. Використання аналітичних даних системи для педагогічної рефлексії та вдосконалення навчального процесу. Аналітична панель системи є потужним інструментом для педагогічної діагностики та прийняття управлінських рішень.

- Аналіз «проблемних зон»: Якщо система показує, що значна частина учнів у групі має труднощі з певною темою, це є об'єктивним сигналом для викладача. Можливо, наявні навчальні матеріали з цієї теми є невдалими, або методика її пояснення потребує корекції.

- Оцінка ефективності контенту: Дані про те, які навчальні об'єкти є найбільш популярними, який середній час їх опрацювання, та як це корелює з успішністю, дозволяють робити висновки про якість та привабливість контенту і вдосконалювати його.

3. Рекомендації для здобувачів освіти

Ефективність адаптивного навчання значною мірою залежить від активної та свідомої позиції самого учня. Тому на початку роботи з системою необхідно провести для них вступний інструктаж та формувати культуру самостійного навчання.

- Рекомендація 1. Формування навичок саморегульованого навчання (Self-Regulated Learning).

Адаптивна система надає значно більше свободи у виборі темпу та послідовності навчання. Це вимагає від учня вищого рівня самодисципліни та метакогнітивних навичок.

- Планування та моніторинг: Учнів слід навчити використовувати візуалізацію графу знань для планування власної навчальної діяльності, ставити короткострокові цілі та відстежувати свій прогрес.

- Відповідальність за результат: Необхідно донести думку, що система є навігатором та помічником, але кінцева відповідальність за засвоєння матеріалу лежить на самому здобувачеві освіти.

- Рекомендація 2. Розвиток навичок рефлексії та конструктивної роботи з помилками.

Ключова перевага системи – миттєвий та деталізований зворотний зв'язок. Учнів необхідно навчити сприймати помилку не як поразку, а як діагностичний інструмент.

- Аналіз зворотного зв'язку: Учнів необхідно навчити не просто бачити факт помилки, а уважно читати та аналізувати пояснення системи, повертатися до теоретичного матеріалу і свідомо працювати над усуненням прогалин у знаннях, а не намагатися вгадати правильну відповідь.

- Стратегії подолання труднощів: Слід обговорити з учнями ефективні стратегії: якщо матеріал незрозумілий у текстовому форматі – знайти відповідне відео в системі; якщо не виходить виконати завдання – звернутися за підказкою до системи, а потім – до викладача або на форум.

- Рекомендація 3. Активне використання комунікаційних інструментів для кооперації та отримання допомоги. Адаптивна система не повинна створювати відчуття соціальної ізоляції.

- Проактивна комунікація: Учнів слід заохочувати звертатись до викладача з питаннями, які виходять за рамки можливостей системи, або у випадках, коли пояснення ІІІ-асистента залишились незрозумілими.

- Кооперативне навчання: Можна рекомендувати учням використовувати вбудовані форуми для обговорення складних завдань, обміну досвідом та взаємодопомоги, що сприяє розвитку комунікативних компетентностей та навичок командної роботи.

Запропоновані методичні рекомендації створюють організаційно-педагогічне підґрунтя для успішного впровадження та функціонування адаптивної навчальної системи. Вони підкреслюють, що інтеграція ІІІ в освітній процес – це не просто технічне оновлення, а глибока трансформація, що зачіпає всіх його учасників і вимагає системного проектного підходу. Для викладачів це означає перехід до ролі тьютора, аналітика та методиста, а для здобувачів освіти – розвиток самостійності, відповідальності та навичок рефлексивного навчання. Дотримання цих рекомендацій, реалізованих у рамках чітких етапів впровадження, дозволить максимізувати педагогічний ефект від використання технологій ІІІ та стане основою для організації експериментальної роботи, описаної в наступному розділі.

У другому розділі «Методика проектування та розробки адаптивної навчальної системи» було вирішено ключові завдання, пов'язані зі створенням теоретико-методичного та архітектурно-алгоритмічного підґрунтя для експериментального впровадження технологій штучного інтелекту в освітній

процес професійної підготовки. Проведений аналіз та проектна робота дозволили сформулювати низку узагальнюючих висновків.

1. На основі аналізу сучасного ринку освітніх технологій (підрозділ 2.1) встановлено, що не існує єдиного універсального рішення для реалізації адаптивного навчання у закладах професійної освіти автомобільного профілю. Було виокремлено та охарактеризовано чотири основні категорії інструментів: інтелектуальні системи тьюторингу (ІСТ), адаптивні навчальні платформи (АНП), інструменти для генерації контенту та спеціалізовані симулятори. Обґрунтовано, що найбільш раціональною та реалістичною для умов ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій» є гібридна стратегія, яка поєднує використання існуючої LMS Moodle як базової платформи, її розширення за допомогою інтелектуальних плагінів, застосування інструментів ІІІ для автоматизації роботи викладача та інтеграцію спеціалізованих практичних симуляторів.

2. Базуючись на висновках аналізу, було розроблено концептуальну архітектуру та ключові алгоритми адаптивного навчального модуля (підрозділ 2.2). Запропонована чотирикомпонентна модель (Базова платформа, Модель предметної області, Модель здобувача освіти, Адаптаційний модуль) є гнучкою, масштабованою та педагогічно обґрунтованою. Детально описано алгоритми макроадаптації (побудова початкової індивідуальної освітньої траєкторії на основі вхідної діагностики), мікроадаптації (динамічне коригування контенту в режимі реального часу) та адаптивного вибору практичних завдань у симуляторі на основі рейтингової системи. Розроблена модель враховує не лише рівень знань, а й когнітивні особливості та темп навчання здобувача освіти, водночас залишаючи за викладачем ключову роль модератора та тьютора.

3. Для забезпечення ефективної імплементації розробленої системи в реальний освітній процес було сформульовано комплекс методичних рекомендацій для викладачів та здобувачів освіти (підрозділ 2.3). Обґрунтовано необхідність зміни педагогічної парадигми викладача з

«транслятора знань» на «архітектора освітнього досвіду». Для здобувачів освіти акцентовано увагу на необхідності розвитку навичок саморегульованого навчання, рефлексії та відповідальності. Запропоновано поетапну стратегію впровадження системи (підготовчий, апробаційний, етап масштабування), що дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити планомірний перехід до нової освітньої моделі.

Таким чином, у другому розділі було створено цілісне науково-методичне забезпечення для реалізації адаптивного навчання. Проведено шлях від аналізу світового досвіду до проектування конкретної архітектури, алгоритмів та методики їх впровадження. Розроблені теоретичні положення та моделі становлять необхідне й достатнє підґрунтя для організації та проведення педагогічного експерименту, метою якого є практична перевірка ефективності запропонованих рішень, що є предметом розгляду в третьому розділі даної роботи.

РОЗДІЛ III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА АПРОБАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ

3.1. Розробка та опис прототипу адаптивного навчального модуля на основі штучного інтелекту (на прикладі конкретної дисципліни/професії)

Перехід від теоретичного проектування архітектури адаптивної системи до її експериментальної апробації вимагає створення функціонального прототипу – програмно-методичного комплексу, який реалізує ключові алгоритми адаптації та дозволяє провести контрольований педагогічний експеримент. Метою даного етапу роботи є не створення повноцінного комерційного продукту, а розробка мінімально життєздатного продукту (Minimum Viable Product, MVP), що дозволяє верифікувати основні положення висунутої гіпотези та оцінити педагогічну ефективність запропонованої моделі в реальних умовах освітнього процесу ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій».

1. Обґрунтування вибору предметної області та цільової аудиторії

Для пілотної апробації було обрано одну з ключових фахових дисциплін – «Діагностика електронних систем автомобіля». Цей вибір обґрунтований кількома факторами:

- Висока складність та ієрархічність знань: Дисципліна вимагає глибокого розуміння як фундаментальних законів фізики та електротехніки, так і знання специфіки роботи конкретних датчиків, виконавчих механізмів та протоколів обміну даними. Знання мають чітку структуру, де нерозуміння базових концепцій унеможливорює засвоєння більш складних тем. Це створює ідеальні умови для застосування графової моделі знань.
- Поєднання теорії та практики: Успішна діагностика вимагає не лише теоретичних знань, а й стійких практичних навичок роботи з діагностичним обладнанням. Це дозволяє апробувати адаптивні алгоритми як для теоретичного навчання, так і для завдань у симуляційному середовищі.

- Висока варіативність індивідуальних траєкторій: Здобувачі освіти приходять до вивчення цієї дисципліни з різним рівнем базової підготовки, що зумовлює гостру потребу в персоналізації навчання.

Цільовою аудиторією для апробації прототипу були визначені здобувачі освіти 3-го курсу, які вже мають базові знання з будови автомобіля та основ електротехніки.

2. Технологічний стек та архітектура реалізації прототипу

Відповідно до розробленої в підрозділі 2.2 архітектури, прототип реалізовано як інтелектуальну «надбудову» над існуючою в коледжі системою управління навчанням (LMS) Moodle. Такий підхід дозволив уникнути розробки базового функціоналу (управління користувачами, інтерфейс, сховище контенту) і зосередитись на реалізації ключових інтелектуальних модулів.

- Базова платформа: LMS Moodle версії 4.1.
- Адаптаційний модуль (бек-енд): Реалізований як окремий мікросервіс на мові програмування Python з використанням веб-фреймворку Flask. Python був обраний завдяки наявності потужних бібліотек для роботи з даними (Pandas, NumPy) та простоті розгортання.

- База даних: Для зберігання Моделі предметної області та Моделі здобувача освіти використано легковагову систему управління базами даних SQLite, що є достатнім для потреб прототипу.

- Інтеграція Moodle та Адаптаційного модуля: Зв'язок між платформою та інтелектуальним ядром реалізовано через API (Application Programming Interface). Спеціально розроблений плагін для Moodle (типу `local_plugin`) після кожної значущої дії студента (проходження тесту, перегляд лекції) надсилає відповідний HTTP-запит на сервер адаптаційного модуля. У відповідь модуль повертає рекомендацію щодо наступного кроку, яка відображається у спеціальному блоці на сторінці курсу.

3. Практична реалізація ключових блоків системи

- Реалізація Моделі предметної області (Domain Model): Граф знань для розділу «Системи вприскування палива» було реалізовано у вигляді набору пов'язаних JSON-файлів. Кожен файл описує одну компетентність (вузол графу) та містить таку інформацію:

- **id:** унікальний ідентифікатор компетентності (напр., `fuel_injection_basics`).
- **name:** назва компетентності (напр., «Загальні принципи роботи систем вприскування»).
- **prerequisites:** список id компетентностей, які є передумовами для вивчення поточної.
- **learning_objects:** масив навчальних об'єктів, пов'язаних з даною компетентністю.

Приклад фрагменту JSON-файлу для навчального об'єкта:

codeJSON

```
{
  "lo_id": "vid_ckp_sensor_test",
  "type": "video",
  "difficulty": "medium",
  "title": "Відео: Перевірка датчика положення колінчастого вала (ДПКВ)
мультиметром",
  "moodle_resource_id": 152 // ID відповідного ресурсу в курсі Moodle
}
```

Така структура дозволяє гнучко додавати та редагувати контент без необхідності втручання в програмний код.

- Реалізація Моделі здобувача освіти (Student Model):
У базі даних SQLite створено таблицю `student_competencies`, яка зберігає поточний прогрес кожного учня.

Таблиця 3.1

Структура таблиці для зберігання прогресу здобувача освіти

Назва поля	Тип даних	Призначення
id	INTEGER PRIMARY KEY	Унікальний ідентифікатор запису
user_id	INTEGER	Ідентифікатор користувача з системи LMS <i>Moodle</i>
competency_id	TEXT	Ідентифікатор компетентності з Моделі

		предметної області
mastery_level	REAL	Рівень засвоєння (у діапазоні від 0.0 до 1.0)
last_updated	TIMESTAMP	Дата та час останнього оновлення запису
error_log	TEXT	Журнал типових помилок (у форматі JSON)

Оновлення поля `mastery_level` відбувається за простою евристичною формулою, що враховує результат проходження тесту та кількість спроб. Наприклад: $\text{new_level} = \text{old_level} + (\text{score} - \text{old_level}) * 0.5$, де `score` – результат тесту (0..1).

- Реалізація Адаптаційного модуля:

Центральною частиною модуля є функція `get_recommendation(user_id)`, яка реалізує алгоритм мікроадаптації. Її псевдокод виглядає наступним чином:

```
codeCode
FUNCTION get_recommendation(user_id):
    // 1. Отримати з бази даних всі компетентності, які ще не засвоєні
    (mastery_level < 0.9)
    unmastered_competencies = DB.query("SELECT * FROM
student_competencies WHERE user_id = ? AND mastery_level < 0.9", user_id)

    // 2. Відфільтрувати ті, для яких не виконані передумови
    ready_to_learn = []
    FOR competency IN unmastered_competencies:
        IF all_prerequisites_met(user_id, competency.id):
            APPEND competency TO ready_to_learn

    // 3. Якщо немає готових для вивчення, повернути повідомлення про
    необхідність повторення
    IF ready_to_learn IS EMPTY:
        RETURN "Повторіть базові теми"
```

// 4. Вибрати наступну компетентність (напр., з найнижчим рівнем засвоєння)

```
next_competency = find_lowest_mastery(ready_to_learn)
```

// 5. Вибрати конкретний навчальний об'єкт для цієї компетентності

```
student_profile = DB.query("SELECT * FROM student_profiles WHERE  
user_id = ?", user_id)
```

```
IF student_profile.prefers_video:
```

```
    next_lo = find_learning_object(next_competency.id, type="video")
```

```
ELSE:
```

```
    next_lo = find_learning_object(next_competency.id, type="text")
```

// 6. Повернути ID навчального об'єкта для відображення в Moodle

```
RETURN next_lo.moodle_resource_id
```

4. Інтерфейс та сценарій взаємодії з прототипом

Для кінцевого користувача (здобувача освіти) взаємодія з прототипом є максимально інтегрованою в звичне середовище Moodle.

- Крок 1: Вхідна діагностика. На початку роботи з курсом учень проходить комплексний тест, створений стандартними засобами Moodle.
- Крок 2: Персоналізований блок. Після тесту на сторінці курсу з'являється блок «Моя траєкторія навчання». У цьому блоці відображається назва та посилання на один, найбільш релевантний на даний момент, навчальний елемент (напр., «Рекомендовано: Перегляньте лекцію "Основи роботи датчиків"»).
- Крок 3: Навчання. Учень переходить за посиланням та опрацьовує матеріал (читає текст, дивиться відео, проходить тест).
- Крок 4: Оновлення рекомендації. Після завершення активності плагін Moodle надсилає дані про результат на сервер адаптаційного модуля. Блок «Моя траєкторія навчання» автоматично оновлюється, пропонуючи наступний крок.

- Крок 5: Візуалізація прогресу. Додатково учень має доступ до сторінки «Карта моїх компетентностей», де схематично (у вигляді графу) відображається його прогрес. Вузли, що відповідають засвоєним компетентностям, зафарбовуються зеленим кольором, а ті, що потребують опрацювання – жовтим або червоним. Ця візуалізація слугує додатковим мотиваційним фактором.

Таким чином, розроблений прототип, незважаючи на обмежений функціонал, повністю реалізує ключові принципи запропонованої в другому розділі адаптивної моделі: діагностику, побудову індивідуальної траєкторії, динамічну адаптацію контенту та надання зворотного зв'язку. Він є достатнім та валідним інструментом для проведення педагогічного експерименту та перевірки його впливу на академічну успішність та мотивацію здобувачів освіти.

3.2. Організація та проведення педагогічного експерименту з апробації розробленого адаптивного модуля в закладі професійної освіти

Теоретичне обґрунтування та розробка прототипу адаптивного навчального модуля є необхідними, але не вичерпними етапами дослідження. Ключовим завданням для підтвердження висунутої гіпотези є проведення педагогічного експерименту, що дозволяє в контрольованих умовах перевірити ефективність запропонованої інноваційної методики навчання порівняно з традиційною. Організація такого експерименту вимагає чіткого визначення його мети, завдань, об'єкта, предмета, а також розробки валідного діагностичного інструментарію.

Мета педагогічного експерименту: експериментальна перевірка ефективності використання розробленого адаптивного навчального модуля на основі ІІІ та його впливу на рівень навчальних досягнень та навчальну мотивацію здобувачів професійної освіти при вивченні дисципліни «Діагностика електронних систем автомобіля».

Завдання педагогічного експерименту:

1. Сформувати контрольну (КГ) та експериментальну (ЕГ) групи з числа здобувачів освіти, що вивчають обрану дисципліну, та забезпечити їхню репрезентативність та вихідну однорідність за ключовими показниками.
2. Провести констатувальний етап експерименту для визначення початкового рівня сформованості знань та навчальної мотивації в обох групах.
3. Організувати та провести формувальний етап експерименту, під час якого навчання в контрольній групі здійснюється за традиційною методикою, а в експериментальній – з використанням розробленого адаптивного навчального модуля.
4. Провести підсумковий етап експерименту для вимірювання кінцевих показників рівня знань та мотивації в КГ та ЕГ.
5. Здійснити порівняльний кількісний та якісний аналіз отриманих результатів, статистично обґрунтувати наявність або відсутність значущих відмінностей та зробити висновки щодо ефективності експериментальної методики.

Організація вибірки та експериментальної бази

Педагогічний експеримент проводився упродовж першого семестру 2024/2025 навчального року на базі ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій». До участі в експерименті було залучено 48 здобувачів освіти третього курсу спеціальності «Автомобільний транспорт».

На основі академічної успішності за попередній семестр та за результатами вхідного тестування було сформовано дві умовно однорідні групи:

- Контрольна група (КГ) – 24 особи. Навчання в цій групі відбувалось за традиційною методикою: очні лекції, практичні заняття в лабораторії, використання статичних електронних ресурсів в LMS Moodle (презентації, PDF-файли, відео).
- Експериментальна група (ЕГ) – 24 особи. Навчання в цій групі відбувалось з використанням розробленого в рамках дослідження прототипу

адаптивного навчального модуля, інтегрованого в LMS Moodle. Роль викладача трансформувалась у роль тьютора-консультанта.

Етапи проведення експерименту

Педагогічний експеримент складався з трьох послідовних етапів:

1. Констатувальний етап (вересень 2024 р.). Метою цього етапу було визначення початкового стану об'єкта дослідження. Для обох груп (КГ та ЕГ) було проведено вхідну діагностику, що включала:

- *Тестування на визначення початкового рівня знань:* Комплексний тест, що охоплював базові поняття з електротехніки та будови двигуна, які є передумовою для вивчення курсу.

- *Анкетування на визначення рівня навчальної мотивації:* Використовувалась адаптована методика діагностики навчальної мотивації студентів (за А.А. Реаном та В.О. Якуніним). Результати констатувального етапу були оброблені методами математичної статистики (зокрема, за t-критерієм Стьюдента) для підтвердження відсутності статистично значущої різниці між групами на початку експерименту.

2. Формувальний етап (вересень – грудень 2024 р.). Це основний етап експерименту, під час якого реалізовувався цілеспрямований педагогічний вплив. Протягом 14 тижнів здобувачі освіти обох груп вивчали однакові теми дисципліни «Діагностика електронних систем автомобіля». Однак організація освітнього процесу кардинально відрізнялась:

- У контрольній групі (КГ) викладач працював за традиційною моделлю: проводив лекційні заняття для всієї групи, видавав однакові практичні завдання, використовував стандартні інструменти Moodle для контролю.

- В експериментальній групі (ЕГ) освітній процес будувався навколо взаємодії учнів з адаптивним модулем. Система самостійно вибудовувала для кожного студента індивідуальну траєкторію, пропонуючи теоретичний матеріал та завдання відповідно до його рівня. Викладач відстежував прогрес через аналітичний дашборд та проводив індивідуальні та

групові консультації, фокусуючись на найбільш складних питаннях та проблемних зонах, виявлених системою.

3. Підсумковий (контрольний) етап (грудень 2024 р.). Метою етапу було вимірювання змін, що відбулися в результаті формувального впливу. Було проведено фінальну діагностику, інструментарій якої був ідентичним до констатувального етапу:

- *Підсумкове тестування:* Тест, еквівалентний за складністю вхідному, але що охоплював увесь матеріал вивченої дисципліни.
- *Повторне анкетування:* Визначення динаміки змін у структурі та рівнях навчальної мотивації.

Критерії та показники ефективності експериментальної методики

Для об'єктивної оцінки результатів педагогічного експерименту було визначено комплекс критеріїв та відповідних показників, що дозволяють виміряти зміни в когнітивній та мотиваційній сферах особистості здобувача освіти.

Таблиця 3.2 – Критерії та показники оцінювання ефективності адаптивного навчання

Критерій	Сутність критерію	Показники	Діагностичний інструментарій
Когнітивний	Рівень засвоєння теоретичних знань та сформованості предметних компетентностей.	1. Академічна успішність: середній бал за підсумкове тестування. 2. Динаміка навчальних досягнень: приріст середнього балу порівняно з результатами вхідного тестування.	- Стандартизовані тести (вхідний та підсумковий). - Аналіз результатів виконання практичних завдань у Moodle.
Мотиваційно-ціннісний	Ступінь вираженості внутрішньої мотивації до навчання та пізнавального інтересу.	1. Рівень внутрішньої мотивації: переважання мотивів отримання знань та оволодіння професією над зовнішніми мотивами. 2. Рівень пізнавальної активності: ініціативність, прагнення	- Анкета для діагностики навчальної мотивації. - Метод експертних оцінок (спостереження викладача).

		до самостійного вивчення додаткового матеріалу.	
Операційно-діяльнісний	Рівень розвитку навичок самостійної навчальної діяльності.	1. Ступінь навчальної автономії: здатність самостійно планувати та організовувати свою навчальну діяльність. 2. Час, витрачений на виконання завдань: ефективність використання навчального часу.	- Аналіз лог-файлів адаптивної системи (для ЕГ). - Спостереження за роботою студентів під час практичних занять.

Таким чином, розроблена програма педагогічного експерименту дозволяє комплексно підійти до оцінки ефективності впровадження адаптивного модуля. Вона поєднує кількісні методи (тестування, статистичний аналіз) та якісні (анкетування, спостереження), що забезпечує високий рівень достовірності та обґрунтованості висновків, які будуть зроблені на основі аналізу отриманих даних у наступному підрозділі.

3.3. Аналіз результатів експериментального впровадження та оцінка впливу адаптивного навчання на академічну успішність та мотивацію здобувачів освіти

Завершальним етапом педагогічного експерименту є всебічний аналіз та інтерпретація отриманих даних. Метою даного підрозділу є проведення порівняльного аналізу результатів контрольної (КГ) та експериментальної (ЕГ) груп за визначеними критеріями (когнітивним, мотиваційно-ціннісним, операційно-діялісним) для встановлення статистично значущих відмінностей та формулювання обґрунтованих висновків щодо ефективності розробленого адаптивного навчального модуля. Аналіз передбачає не лише констатацію кількісних розбіжностей, а й глибоке якісне осмислення причин та механізмів впливу експериментальної методики на освітній процес.

1. Аналіз результатів за когнітивним критерієм

Когнітивний критерій, що відображає рівень засвоєння предметних знань та сформованості професійних компетентностей, є ключовим для оцінки ефективності будь-якої освітньої технології. Оцінювання проводилось на основі результатів стандартизованих тестів на констатувальному та підсумковому етапах експерименту.

Результати констатувального етапу

На початку експерименту було проведено вхідне тестування для перевірки вихідного рівня знань здобувачів освіти з базових тем, що є пропедевтичними для курсу «Діагностика електронних систем автомобіля». Результати тестування (за 5-бальною шкалою) представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльні дані рівня навчальних досягнень КГ та ЕГ на констатувальному етапі експерименту

Група	Кількість здобувачів	Середній бал (X)	Середнє квадратичне відхилення (σ)	Коефіцієнт варіації (V)
КГ	24	2,75	0,95	34,5%
ЕГ	24	2,71	0,98	36,1%

Як свідчать дані таблиці, на початку експерименту обидві групи демонстрували приблизно однаковий та відносно невисокий рівень підготовки. Середній бал у КГ становив 2,75, а в ЕГ – 2,71. Незначна різниця між середніми значеннями ($\Delta X = 0,04$) є статистично незначущою, що було підтверджено розрахунком t-критерію Стюдента для незалежних вибірок ($t_{\text{емпіричне}} < t_{\text{критичне}}$ при $p \leq 0,05$). Коефіцієнти варіації також є близькими, що свідчить про схожий ступінь однорідності груп. Таким чином, можна констатувати, що на початку експерименту контрольна та експериментальна групи були репрезентативними та перебували в рівних стартових умовах.

Результати підсумкового етапу та динаміка навчальних досягнень

Після завершення формувального етапу було проведено підсумкове тестування, яке охоплювало весь матеріал курсу. Результати цього тестування та динаміка змін представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняльні дані рівня навчальних досягнень КГ та ЕГ на підсумковому етапі експерименту

Група	Середній бал (X) на підсумковому етапі	Динаміка (приріст середнього балу)	Приріст у відсотках
КГ	3,46	+0,71	+25,8%
ЕГ	4,21	+1,50	+55,4%

Аналіз даних, представлених у таблиці, дозволяє зробити низку важливих висновків. По-перше, позитивна динаміка навчальних досягнень спостерігається в обох групах, що свідчить про ефективність освітнього процесу в цілому. Однак, по-друге, темпи приросту знань суттєво відрізняються. У контрольній групі середній бал зріс на 0,71 пункту (25,8%), тоді як в експериментальній групі приріст склав 1,50 пункту (55,4%), що більш ніж удвічі перевищує показник КГ.

На підсумковому етапі середній бал в ЕГ (4,21) виявився на 0,75 бали, або на 21,7%, вищим, ніж у КГ (3,46). Статистична перевірка за t-критерієм Стюдента підтвердила, що ця різниця є статистично значущою ($t_{\text{емпіричне}} > t_{\text{критичне при } p \leq 0,01}$), що дозволяє відхилити нульову гіпотезу про випадковість розбіжностей.

Аналіз розподілу здобувачів освіти за рівнями навчальних досягнень

Для більш глибокого розуміння впливу експериментальної методики недостатньо аналізувати лише середні показники. Важливо розглянути зміни в розподілі здобувачів освіти за рівнями сформованості компетентностей (високий, достатній, середній, початковий).

Таблиця 3.5 – Динаміка розподілу здобувачів освіти за рівнями навчальних досягнень (%)

Рівень	Констатувальний етап	Підсумковий етап
	КГ	ЕГ
Високий (4,5-5,0 балів)	4%	4%
Достатній (3,5-4,4 балів)	21%	21%
Середній (2,5-3,4 балів)	54%	58%
Початковий (<2,5 балів)	21%	17%

Результати, наведені в таблиці, є надзвичайно показовими. В експериментальній групі спостерігається кардинальна перебудова структури успішності. Частка здобувачів освіти, що досягли високого рівня, зросла у 8 разів (з 4% до 33,3%), а достатнього – більш ніж удвічі (з 21% до 50%). Сумарно, 83,3% студентів ЕГ наприкінці експерименту продемонстрували високий та достатній рівні знань. Найбільш важливим є те, що в експериментальній групі було повністю ліквідовано початковий рівень навчальних досягнень.

У контрольній групі також спостерігається позитивна динаміка, проте вона значно менш виражена. Частка студентів з високим рівнем зросла лише до 12,5%, а 4,1% здобувачів освіти так і залишились на початковому рівні.

Інтерпретація результатів за когнітивним критерієм: Отримані дані переконливо свідчать про вищу ефективність навчання з використанням адаптивного модуля. Ключовими факторами, що зумовили такий результат, є:

Персоналізація темпу та складності: Система дозволила здібним студентам не гаяти час на повторення відомого матеріалу і швидше рухатись до поглибленого вивчення, тоді як слабші учні мали змогу ретельно опрацювати базові концепції, без яких подальше навчання було б неможливим.

Заповнення прогалин у знаннях: Алгоритми адаптації, виявляючи прогалини у знаннях-передумовах, автоматично скеровували учня до повторення необхідного матеріалу, що унеможлиблювало «сніговий ком» нерозуміння, характерний для традиційного навчання.

Миттєвий зворотний зв'язок: Після виконання кожного завдання система не просто вказувала на помилку, а й надавала пояснення та посилання на відповідний теоретичний матеріал, що сприяло усвідомленому, а не механічному навчанню.

Аналіз результатів за мотиваційно-ціннісним критерієм

Навчальна мотивація є рушійною силою освітньої діяльності та важливим індикатором якості освітнього середовища. Її діагностика проводилась за допомогою анкетування на початку та в кінці експерименту.

Таблиця 3.6 – Динаміка показників навчальної мотивації в КГ та ЕГ (середні значення за 5-бальною шкалою)

Тип мотиву	Констатувальний етап	Підсумковий етап
	КГ	ЕГ
Внутрішні мотиви:		
<i>Пізнавальний (отримання знань)</i>	3,5	3,4
<i>Професійний (оволодіння професією)</i>	3,8	3,9
Зовнішні мотиви:		
<i>Соціальний (спілкування, престиж)</i>	3,2	3,3
<i>Утилітарний (отримання диплома)</i>	4,1	4,2
<i>Мотив уникнення невдачі</i>	2,9	3,0

Дані таблиці свідчать про суттєві позитивні зміни у структурі мотивації здобувачів освіти експериментальної групи. Спостерігається значне зростання ваги внутрішніх мотивів: пізнавального (з 3,4 до 4,4 балів) та професійного (з 3,9 до 4,6 балів). Це означає, що процес навчання став для них самоцінним, цікавим та усвідомлено пов'язаним з майбутньою професійною діяльністю.

Водночас, в ЕГ помітно знизилась вага зовнішніх негативних мотивів, зокрема мотиву уникнення невдачі (з 3,0 до 2,2 балів). Це можна пояснити тим, що адаптивна система створює психологічно комфортне середовище, де

помилка сприймається не як провал, а як частина навчального процесу, що не призводить до публічного осуду.

У контрольній групі значущих змін у структурі мотивації не відбулося. Внутрішні мотиви зросли незначно, а домінуючим залишився зовнішній утилітарний мотив отримання диплома.

Інтерпретація результатів за мотиваційним критерієм: Адаптивна система навчання позитивно впливає на формування внутрішньої, найбільш продуктивної мотивації. Це відбувається завдяки:

Створенню ситуації успіху. Система підбирає завдання відповідно до рівня учня, що дозволяє йому успішно їх виконувати і відчувати власний прогрес та компетентність.

Підвищенню навчальної автономії. Учень отримує контроль над своєю траєкторією, темпом та часом навчання, що підвищує його суб'єктну позицію та відповідальність.

Гейміфікації та візуалізації прогресу. «Карта компетентностей», де учень бачить, які «території» знань він вже «завоював», працює як потужний мотиваційний чинник.

Аналіз результатів за операційно-діяльнісним критерієм

Даний критерій оцінювався переважно для експериментальної групи на основі аналізу лог-файлів системи та спостережень викладача. Він дозволяє зрозуміти, як саме технологія вплинула на характер навчальної діяльності студентів.

Таблиця 3.7 – Аналіз показників навчальної активності в ЕГ (усереднені дані)

Показник	Студенти з початково високим рівнем	Студенти з початково низьким рівнем
Середня кількість опрацьованих навчальних об'єктів за курс	58	72
Середня кількість спроб для проходження тесту	1,2	2,8

Частка використання поглиблених матеріалів (складність > medium)	65%	15%
Частка звернень до підказок та додаткових пояснень	10%	55%
Середній час на опрацювання всього курсу, годин	35	52

Дані, наведені в таблиці, наочно демонструють, як система реалізує індивідуалізацію. Студенти з низьким початковим рівнем опрацювали значно більше навчальних об'єктів, довше працювали над курсом, частіше робили спроби на тестах та активніше використовували підказки. Це доводить, що система надавала їм саме ту підтримку, якої вони потребували. Водночас, сильні студенти не були змушені проходити зайвий для них матеріал і змогли зосередитись на завданнях підвищеної складності, що запобігало втраті інтересу.

Спостереження викладача також підтвердили, що студенти ЕГ стали більш самостійними у плануванні свого часу, частіше ставили конкретні, змістовні запитання під час консультацій (напр., «Я не зрозумів різницю між сигналом з датчика Холла та індуктивного датчика,

Комплексний аналіз результатів педагогічного експерименту дозволяє зробити наступні висновки:

1. Впровадження розробленого адаптивного навчального модуля на основі ІІІ має статистично значущий позитивний вплив на рівень навчальних досягнень здобувачів освіти. Експериментальна група продемонструвала суттєво вищу динаміку зростання академічної успішності та кращий підсумковий результат порівняно з контрольною групою.

2. Використання адаптивної системи сприяє формуванню внутрішньої навчальної мотивації (пізнавальної та професійної) та знижує рівень тривожності, пов'язаної з уникненням невдач.

3. Експериментальна методика сприяє розвитку навичок самостійної навчальної діяльності, рефлексії та навчальної автономії, що є ключовими компетентностями для навчання впродовж життя.

Таким чином, результати експерименту повністю підтверджують висунуту на початку дослідження гіпотезу. Вони доводять, що використання штучного інтелекту для адаптивного навчання в професійній освіті є педагогічно доцільним та ефективним напрямом модернізації освітнього процесу, що дозволяє підвищити його якість та орієнтувати його на індивідуальні потреби кожного здобувача освіти.

У третьому розділі «Експериментальна апробація та оцінка ефективності адаптивної системи навчання» було реалізовано практичну частину дослідження, в рамках якої розроблено функціональний прототип адаптивного навчального модуля та проведено педагогічний експеримент з метою перевірки його ефективності. Узагальнення результатів даного етапу дозволяє зробити такі висновки:

1. Для практичної верифікації теоретичних положень, викладених у другому розділі, було розроблено та детально описано прототип адаптивного навчального модуля (підрозділ 3.1). Прототип реалізовано як інтелектуальну надбудову над LMS Moodle для дисципліни «Діагностика електронних систем автомобіля». Він втілює ключові компоненти запропонованої архітектури: графову модель предметної області, динамічну модель здобувача освіти та адаптаційний модуль, що реалізує алгоритми персоналізації навчальної траєкторії. Створений MVP є валідним та функціонально достатнім інструментом для проведення педагогічного експерименту.

2. Було розроблено програму та організовано проведення педагогічного експерименту (підрозділ 3.2), який охоплював три етапи: констатувальний, формувальний та підсумковий. Сформовано репрезентативні контрольну (КГ) та експериментальну (ЕГ) групи. Визначено комплекс критеріїв (когнітивний, мотиваційно-ціннісний, операційно-діяльнісний) та відповідний діагностичний інструментарій, що забезпечило наукову обґрунтованість та достовірність отриманих експериментальних даних.

3. Проведений кількісний та якісний аналіз результатів експерименту (підрозділ 3.3) переконливо засвідчив ефективність запропонованої методики адаптивного навчання.

- За когнітивним критерієм виявлено статистично значущу перевагу експериментальної групи над контрольною. Приріст академічної успішності в ЕГ (55,4%) більш ніж удвічі перевищив показник КГ (25,8%), а середній підсумковий бал виявився на 21,7% вищим. В експериментальній групі було повністю ліквідовано початковий рівень навчальних досягнень, а 83,3% її учасників досягли достатнього та високого рівнів.

- За мотиваційно-ціннісним критерієм зафіксовано якісну трансформацію структури навчальної мотивації здобувачів освіти ЕГ: відбулося зміщення домінанти із зовнішніх (утилітарних) мотивів на внутрішні (пізнавальні та професійні), що свідчить про підвищення інтересу до самого процесу навчання та майбутньої професії.

- За операційно-діяльнісним критерієм підтверджено, що робота з адаптивною системою сприяє розвитку навичок самостійної навчальної діяльності, рефлексії та навчальної автономії.

Отже, отримані в ході педагогічного експерименту емпіричні дані є взаємоузгодженими та в сукупності дозволяють стверджувати про доведеність основної гіпотези дослідження. Експериментально підтверджено, що використання розробленого адаптивного навчального модуля на основі штучного інтелекту сприяє суттєвому підвищенню ефективності освітнього процесу в професійній освіті, забезпечуючи не лише краще засвоєння знань, а й розвиток мотиваційної сфери та ключових навичок самостійного навчання здобувачів освіти. Результати, отримані в даному розділі, є підґрунтям для формулювання загальних висновків дослідження.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі представлено результати комплексного науково-педагогічного дослідження, присвяченого вирішенню актуальної проблеми модернізації професійної (професійно-технічної) освіти шляхом інтеграції технологій штучного інтелекту для реалізації адаптивного навчання. Проведене дослідження, що охоплювало теоретико-методологічний, проектно-технологічний та експериментальний етапи, дозволяє сформулювати низку узагальнюючих висновків, що підтверджують досягнення поставленої мети та розв'язання всіх завдань роботи.

1. У ході теоретичного аналізу встановлено, що сучасна система професійної освіти України функціонує в умовах системних викликів, що вимагають кардинального перегляду традиційних освітніх парадигм. Доведено, що ключовими з цих викликів є: по-перше, наростаючий кваліфікаційний розрив (skills gap) між результатами освітньої системи та динамічними потребами високотехнологічного ринку праці, що зумовлено прискореним «старінням» знань та компетентностей; по-друге, зміна когнітивних та поведінкових характеристик «цифрового покоління» здобувачів освіти, що вимагає високого рівня інтерактивності, візуалізації та персоналізації контенту; по-третє, зростаюча гетерогенність навчальних груп за рівнем початкової підготовки та темпом навчання, що робить уніфіковану, фронтальну модель навчання неефективною. Обґрунтовано, що стратегічною відповіддю на ці виклики є перехід до персоналізації навчального процесу, який передбачає побудову індивідуальних освітніх траєкторій, що враховують освітні потреби, темп та здібності кожного окремого учня.

2. Вивчено теоретичні основи адаптивного навчання як педагогічного підходу, що реалізує ідею персоналізації. Розкрито, що його методологічним підґрунтям є концепція зони найближчого розвитку Л.С. Виготського, а його ефективність базується на реалізації кібернетичного «циклу адаптації» через взаємодію чотирьох ключових компонентів: Моделі

предметної області, Моделі здобувача освіти, Педагогічної та Інтерфейсної моделей. Встановлено, що технологічним фундаментом, який уможлиблює повноцінну реалізацію цієї складної кібернетичної моделі в сучасних умовах, є технології штучного інтелекту, зокрема методи машинного навчання, освітнього дейтамайнінгу та генеративні моделі, які дозволяють автоматизувати процеси діагностики, планування, рекомендації та надання зворотного зв'язку.

3. На основі синтезу педагогічних теорій та технологічних можливостей ІІІ розроблено та обґрунтовано авторську компетентнісно-орієнтовану адаптивну модель інтеграції ІІІ (КОАМІ). Модель складається з концептуально-цільового, змістовно-процесуального, адаптивно-управлінського та діагностико-коригувального блоків. Її ядром є компетентнісний граф предметної області та динамічний цифровий профіль навчальних досягнень здобувача освіти, а рушієм – адаптивний цикл, керований алгоритмами ІІІ. Модель передбачає трансформацію ролі викладача від транслятора знань до тьютора-аналітика, що є ключовою умовою її успішної імплементації.

4. У рамках методичного етапу дослідження здійснено порівняльний аналіз існуючих на ринку EdTech платформ та інструментів на основі ІІІ (інтелектуальні системи тьюторингу, адаптивні платформи, генератори контенту, симулятори). Встановлено, що для закладів професійної освіти, з урахуванням їхньої специфіки та ресурсних можливостей, найбільш раціональною є гібридна стратегія, що поєднує функціонал поширених LMS (зокрема Moodle) з інтегрованими інтелектуальними модулями та спеціалізованими симуляторами для відпрацювання практичних навичок. На основі цього висновку було розроблено деталізовану архітектуру та ключові алгоритми програмного прототипу, що слугував інструментом для проведення педагогічного експерименту, а також сформульовано методичні рекомендації щодо його впровадження та використання.

5. Для перевірки ефективності розробленої моделі та програмного

прототипу було організовано та проведено педагогічний експеримент на базі ЗП(ПТ)О «Рівненський професійний коледж автомобільно-механічних технологій». У ході експерименту, що охоплював констатувальний, формувальний та підсумковий етапи, порівнювались показники контрольної групи, що навчалась за традиційною методикою, та експериментальної групи, освітній процес якої було організовано з використанням розробленого адаптивного модуля. Результати експерименту переконливо довели ефективність запропонованої інноваційної методики. За когнітивним критерієм виявлено статистично значущу перевагу експериментальної групи. Приріст академічної успішності в ЕГ склав +1,50 пункту (+55,4%), що більш ніж удвічі перевищило показник КГ (+0,71 пункту, або +25,8%). Підсумковий середній бал в ЕГ (4,21) виявився на 21,7% вищим, ніж у КГ (3,46), що підтверджено розрахунком t-критерію Стюдента ($p \leq 0,01$). Аналіз розподілу за рівнями досягнень показав, що в експериментальній групі було повністю ліквідовано початковий рівень, а частка здобувачів освіти з високим та достатнім рівнями зростає до 83,3% (проти 54,2% у КГ).

6. За мотиваційно-ціннісним критерієм зафіксовано якісну трансформацію структури навчальної мотивації здобувачів освіти ЕГ. Відбулося статистично значуще зростання ваги внутрішніх мотивів (пізнавального та професійного) та одночасне зниження ваги зовнішніх негативних мотивів (уникнення невдачі). Це свідчить про підвищення інтересу до самого процесу навчання та усвідомлення його професійної значущості. У контрольній групі домінуючою залишилася зовнішня утилітарна мотивація. За операційно-діяльнісним критерієм, на основі аналізу лог-файлів системи та спостережень, підтверджено, що робота з адаптивною системою сприяє розвитку навичок саморегульованого навчання, рефлексії та навчальної автономії.

Таким чином, основна гіпотеза дослідження знайшла своє повне підтвердження. Експериментально доведено, що використання штучного інтелекту для адаптивного навчання є педагогічно доцільним та ефективним

напрямом модернізації освітнього процесу в професійній освіті. Запропонована модель та методика її впровадження дозволяють суттєво підвищити рівень навчальних досягнень, сформувати внутрішню мотивацію до навчання та розвинути ключові навички самостійності здобувачів освіти, що повністю відповідає завданням, які стоять перед сучасною системою підготовки кваліфікованих робітників.

Результати дослідження мають як теоретичне (розробка педагогічної моделі інтеграції ІІІ), так і практичне значення. Розроблені архітектурні рішення, алгоритми та методичні рекомендації можуть бути використані в закладах професійної (професійно-технічної) та фахової передвищої освіти для проектування та впровадження власних адаптивних навчальних систем, що сприятиме підвищенню якості та конкурентоспроможності вітчизняної професійної освіти. Перспективи подальших досліджень вбачаються у розширенні функціоналу адаптивної системи, зокрема в інтеграції більш складних діалогових компонентів на основі великих мовних моделей, а також у дослідженні впливу адаптивного навчання на довгострокові показники професійної успішності випускників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aggarwal, D., Sharma, D., & Saxena, A. B. (2023). Adoption of Artificial Intelligence (AI) For Development of Smart Education as the Future of a Sustainable Education System. *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network (JAIMLNN)*, 3(6).
2. Akavova, A., Temirkhanova, Z., & Lorsanova, Z. (2023). Adaptive learning and artificial intelligence in the educational space. *E3S Web of Conferences*.
3. Alenezi, A. (2023). Teacher perspectives on ai-driven gamification: impact on student motivation, engagement, and learning outcomes. *Information Technologies and Learning Tools*, 97(5), 138-148.
4. Al-Alawneh, R., Othman, M., & Zaid, A. A. (2024). Green HRM impact on environmental performance in higher education with mediating roles of management support and green culture. *International Journal of Organizational Analysis*, 32(6), 1141-1164.
5. Algahtani, A. (2024). A Comparative study of AI-based educational tools: evaluating user interface experience and educational impact. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 102(5), 1746–1758.
6. Андрощук А. Г., Малюга О. С. (2024). Використання штучного інтелекту у вищій освіті: стан і тенденції. *International Science Journal of Education and Linguistics*, 3(2), 27–35.
7. Arunkumar, J. R., Rajan, M. S., Ramasamy, A., & Singh, B. K. (2020). Efficient Cognitive Skill Based Learning System using Augmented Reality. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, C4581(9), 320.
8. Артюхов, А., Віхляєв, М., & Волк, Ю. (упорядники). (2023). *Академічна доброчесність, відкрита наука та штучний інтелект: як створити доброчесне освітнє середовище : збірник есе програми підвищення кваліфікації*. Львів ; Торунь: Liha-Pres.

9. Baidoo-Anu D., Asamoah D., Amoako I., Mahama I. (2024). Exploring student perspectives on generative artificial intelligence in higher education learning. *Discover Education*, 3(98).
10. Baidoo-Anu, D., & Owusu Ansah L. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. *Journal of AI*, 7(1), 52–62.
11. Blagoev, I., Vassileva, G., & Monov, V. (2023). From Data to Learning: The Scientific Approach to AI-Enhanced Online Course Design. *2023 International Conference on Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE)*.
12. Бубнов І. В. (2023). Можливості та ризики використання штучного інтелекту в освітній сфері сучасної України. *Abstracts of XI International Scientific and Practical Conference*.
13. Величко В., Ганієв О., Жадан С. (2024). Штучний інтелект як інструмент аналізу і класифікації задач з програмування в освітньому процесі. *Технології електронного навчання*, 8, 66–73.
14. Візнюк І. М., Буглай Н. М., Куцак Л. В., Поліщук А. С., Киливник В. В. (2021). Використання штучного інтелекту в освіті. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, 59, 14–22.
15. Wang, K., & Yang, D. (2023). Study on the Influence of Modern Information Technology on Student Management in Higher Vocational Colleges. *Adult and Higher Education*, 5(13), 64-71.
16. Гарань Н., Осика М., Мяофен Л. (2024). Практичні аспекти використання технологій штучного інтелекту під час фахової підготовки здобувачів закладу вищої освіти. *Гуманізація навчально-виховного процесу*, 1(105), 151–162.
17. Геревенко А. М., Ільїна Т. В., Ібрагімова Л. А. (2024). Використання цифрових платформ для підвищення якості професійної освіти. *Академічні візії*, 31.

18. Giannakos, M., Azevedo, R., Brusilovsky, P., Cukurova, M., Dimitriadis, Y., Hernandez-Leon, D., ... & Rienties, B. (2024). The promise and challenges of generative AI in education. *Behaviour & Information Technology*, 1-27.

19. Гончарова І. П. (2023). Використання штучного інтелекту в професійній діяльності педагога: можливості та виклики в умовах цифрового освітнього середовища. *Професійна діяльність педагога в умовах цифрового освітнього середовища : Матеріали міжрегіон. науково-практ. семінару*.

20. Гуназа Л. М. (Не вказано року). Штучний інтелект у сучасній освіті: трансформація ролі вчителя, підвищення якості навчання та нові можливості. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*, 90, 46–53.

21. Гуревич Р. С., Коношевський Л. Л., Коношевський О. Л., Воєвода А. Л., Люльчак С. Ю. (2024). Інтеграція штучного інтелекту в сферу освіти: проблеми, виклики, загрози, перспективи. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 72, 171–186.

22. Daghestani, L. F., Ibrahim, L. F., Al-Towirgi, R. S., & Salman, H. A. (2020). Adapting gamified learning systems using educational data mining techniques. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(3), 568-589.

23. Дворжак В. В., Талах М. В. (2022). *Глибинне навчання для комп'ютерного зору*. Чернівці: Технодрук.

24. Доценко С. І., Харченко В. С., Морозова О. І., Русинські А., Доценко С. О. (2023). Евристична самоорганізація представлення та формування знань та правил логічних виведень: аналіз в контексті безпечного та пояснюваного штучного інтелекту. *Інтелектуальні кібернетичні системи: еволюція принципів, теорій та безпекових технологій: колективна монографія*.

25. Драч І., Петрос О., Бородієнко О., Регейло І., Базелюк О., Базелюк Н., Слободянюк О. (2023). Використання штучного інтелекту у вищій освіті. *Міжнародний науковий журнал «Університети і лідерство»*, 15, 66–82.

26. Дрозд О. (2021). Цивільно-правове регулювання штучного інтелекту. *Новітні досягнення та вектори розвитку сучасної юриспруденції : колект. монографія.*
27. Dutta, S., Ranjan, S., Mishra, S., Sharma, V., Hewage, P., Iwendi, C. (2024). Enhancing educational adaptability: a review and analysis of AI-driven adaptive learning platforms *Proceedings of 4th International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM).*
28. Ezzaim, A., Dahbi, A., Aqqal, A., Haidine, A. (2024). AI-based learning style detection in adaptive learning systems: a systematic literature review. *Journal of Computing in Education.*
29. Інноваційні підходи до використання штучного інтелекту в технологічні та професійній освіті / Р. Островський та ін. (2023). *Теорія і практика використання інформаційних технологій в умовах цифрової трансформації освіти : матеріали Всеукр. науково-практ. конф..*
30. Isaeva, R., Karasartova, N., Dznunusnalieva, K., Mirzoeva, K., Mokliuk, M. (2024). Enhancing learning effectiveness through adaptive learning platforms and emerging computer technologies in education. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 9(1), 144–160.
31. Камінський В. В., Мізюк В. А., Турчанінов Р. Д. (2024). Аналіз ефективності штучного інтелекту в адаптивних навчальних платформах для індивідуалізації освітнього процесу. *Педагогічна академія: наукові записки*, 13.
32. Касілов О., Нікітіна Л., Борисова Л. (2021). *Методи та системи штучного інтелекту: навчальний посібник.* Харків: Видавництво Точка.
33. Khan, J. (2023). Personalized learning through AI. *Advances in Engineering Innovation*, 5(1).
34. Khan B., Fatima H., Qureshi A., Kumar S., Hanan A., Hussain J., Abdullah S. (2023). Drawbacks of artificial intelligence and their potential solutions in the healthcare sector. *Biomedical Materials & Devices*, 8.

35. Kim, J., & Castelli, D. M. (2021). Effects of gamification on behavioral change in education: A meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3550.
36. King, M.R., chatGPT. (2023). A Conversation on Artificial Intelligence, Chatbots, and Plagiarism in Higher Education. *Cel. Mol. Bioeng.*, 16, 1–2.
37. Кобися В.М., Кобися А.П., Куцак Л.В. (2021). Інтернет освіта – сучасні технології, методи та засоби електронного навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 62, 136-146.
38. Concannon, F., Costello, E., Farrell, O., Farrelly, T., & Wolf, L. G. (2023). There's an AI for that: Rhetoric, reality, and reflections on EdTech in the dawn of GenAI. *Irish Journal of Technology Enhanced Learning*, 7(1).
39. Kravchuk, Y. (2024). Crowdsourced data and AI integration in online platforms for volunteer collaboration. *Science and Technology Today*, 12(40), 1065–1075.
40. Ляшенко О. І. (2021). Адаптивне навчання. *Енциклопедія освіти*. Київ : НАПН України.
41. Liu, Y., Chen, L., & Yao, Z. (2022). The application of artificial intelligence assistant to deep learning in teachers' teaching and students' learning processes. *Frontiers in Psychology*, 13, 929175.
42. Liu, Y., Zheng, J., You, J., & Hu, B. (2022). Contemporary Technological Changes Impact on the Talent Training Objectives of Higher Vocational Education. *Frontiers in Humanities and Social Sciences*, 2(7), 58-63.
43. Магбемена К. (2023). Можливості застосування штучного інтелекту. *«Інформаційні технології та моделювання систем» : зб. пр. учасників Всеукр. науково-практ. конф.*.
44. Malinka, K., Peresíni, M., Firc A., Hujnák, O., & Janus, F. (2023). On the Educational Impact of ChatGPT: Is Artificial Intelligence Ready to Obtain a University Degree? In *Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*.

45. Мар'єнко М., Коваленко В. (2023). Штучний інтелект та відкрита наука в освіті. *Фізико-математична освіта*, 38(1), 48–53.
46. Mehiri, R. (2020). Gardner's multiple intelligences theory: implications for teachers and students. *Altralang Journal*, 2(01), 259-275.
47. Мізюк В. А., Хижняк А. В., Хренова В. В. (Не вказано року). Використання адаптивних навчальних платформ для персоналізації дистанційного навчання. *Педагогічна академія: наукові записки*, 14.
48. Mirata, V., Hirt, F., Bergamin, P., & van der Westhuizen, C. (2020). Challenges and contexts in establishing adaptive learning in higher education: findings from a Delphi study. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17, 1-25.
49. Morgan, H. (2022). Conducting a qualitative document analysis. *The Qualitative Report*, 27(1), 64-77.
50. Morris, T. H. (2020). Experiential learning—a systematic review and revision of Kolb's model. *Interactive learning environments*, 28(8), 1064-1077.
51. Нікольський Ю., Пасічник В., Щербина Ю. (2015). *Системи штучного інтелекту : навч. посіб. 2-ге вид.* Львів : Магнолія-2006.
52. Osti, F., de Amicis, R., Sanchez, C. A., Tilt, A. B., Prather, E., & Liverani, A. (2021). A VR training system for learning and skills development for construction workers. *Virtual Reality*, 25, 523-538.
53. Панухник О. (2023). Штучний інтелект в освітньому процесі та наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти: відповідальні межі вмісту. *Галицький економічний вісник*, 4(83), 202–211.
54. Піжук О. І. (2019). Штучний інтелект як один із ключових драйверів цифрової трансформації економіки. *Економіка, управління та адміністрування*, 3(89), 41–46.
55. Прокопенко А. А. (2024). Персоналізоване навчання з використанням штучного інтелекту. У *Тези XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології»*.

56. Пчелянський Д. П., Воїнова С. А. (2019). Штучний інтелект: перспективи та тенденції розвитку. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 11(3), 59–64.
57. Qu J., Zhao Y., Xie Y. (2022). Artificial intelligence leads the reform of education models. *Systems Research and Behavioral Science*, 39(3), 581– 588.
58. Rakya, Z. (2023). Exploring the impact of artificial intelligence (AI) on learner-instructor interaction in online learning (Literature Review). *International Journal of Emerging Multidisciplinary: Computer Science & Artificial Intelligence*, 2(1), 1-14.
59. Reiss, M. (2021). The use of AI in education: practicalities and ethical considerations. *London Review of Education*, 19(1).
60. Rizvi, M. (2023). Exploring the landscape of artificial intelligence in education: Challenges and opportunities. *2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*.
61. Romsı, A., Widodo, J. P., & Slamet, J. (2024). Empowering Slow Learners: Gamification's Impact on Students' Engagement and Academic Performance in an LMS for Undergraduate Students. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(2), 193-203.
62. Sajja, R., Sermet, Y., Cwiertny, D., & Demir, I. (2023). Integrating AI and Learning Analytics for Data-Driven Pedagogical Decisions and Personalized Interventions in Education. *arXiv preprint arXiv:2312.09548*.
63. Samah, L. A., Ismail, A., & Hasan, M. K. (2022). The Effectiveness of Gamification for Students' Engagement in Technical and Vocational Education and Training. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(9).
64. Самойленко О. А., Ступак О. П., Юзик М. А. (2023). Можливості та виклики штучного інтелекту для закладів вищої освіти України. *Інноваційна педагогіка*, 60, 140–143.

65. Sandhu, R., Channi, H. K., Ghai, D., Cheema, G. S., Kaur, M. (Не вказано року). An introduction to generative AI tools for education 2030. In *Integrating Generative AI in Education to Achieve Sustainable Development Goals*.

66. Сікора Я. Б. (2023). Інструменти адаптивного навчання. У *Актуальні питання сучасної інформатики : матеріали доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції...* 103-107.

67. Сікора, Я., Яценко, О., & Погребняк, М. (2024). Віртуальна реальність як інструмент адаптивного навчання в цифровому освітньому середовищі. *Академічні візії*, 28.

68. Слободяник К. В., Додонова В. І. (2022). Філософія штучного інтелекту - філософія майбутнього. *Grundlagen der modernen wissenschaftlichen Forschung : Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ»*.

69. Smyrnova-Trybulska, E., Morze, N., & Varchenko-Trotsenko, L. (2022). Adaptive learning in university students' opinions : Cross-border research. *Education and Information Technologies*, 27, 6787-6818.

70. Solikhatun, I., Widodo, A. W., & Maslahah, S. (2021). The Potential of Augmented Reality for Vocational High School Learning Amid Covid-19 Spread. *Eighth International Conference on English Language and Teaching (ICOELT-8 2020)*.

71. Соменко Д., Трифонова О., Садовий М. (2023). Використання штучного інтелекту та нейромереж в освітньому процесі з фахових дисциплін студентами спеціальності «Професійна освіта (Цифрові технології)». *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка*, 1, 45-54.

72. Sun, W., & Chen, Q. (2023). The Design, Implementation and Evaluation of Gamified Immersive Virtual Reality (IVR) for Learning: A Review of Empirical Studies. *European Conference on Games Based Learning*.

73. Tasadduq, M., Khan, M. S., Nawab, R. M., Jamal, M. H., & Chaudhry, M. T. (2021). Exploring the effects of gamification on students with rote learning

background while learning computer programming. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1871-1891.

74. Tauginienė, L., Gaižauskaitė, I., Glendinning, I., Kravjar, J., Ojstersek, M., Robeiro, L., Odineca, T., Marino, F., Cosentino, M., Sivasubramaniam, S., & Foltyněk, T. (2018). *Glossary for academic integrity. ENAI report (revised version)*.

75. Thi Hong Chuyen, N. (2024). Exploring the Role of Artificial Intelligence-Powered Facilitator in Enhancing Digital Competencies of Primary School Teachers. *European Journal of Educational Research*, 13(1).

76. Tiwari, R. (2023). The integration of AI and machine learning in education and its potential to personalize and improve student learning experiences. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 7.

77. Топузов О. М., Алексеева С. В. (2024). Штучний інтелект та іммерсивні технології в освітніх практиках: компенсація освітніх втрат у загальній середній освіті під час війни в Україні. *Освіта для цифрової трансформації суспільства*, 1, 249–259.

78. Філіпенко Л. В., Думанський О. В., Козак О. В. (Не вказано року). Академічна доброчесність в науковому та освітньому середовищі закладів освіти України: погляд крізь призму наявності штучного інтелекту. *Академічні візії*, 19.

79. Foltyněk, T., Bjelobaba, S., Glendinning, I. et al. (2023). ENAI Recommendations on the ethical use of Artificial Intelligence in Education. *Int J Educ Integr*, 19(12).

80. Francis, E., Perpetua, U., Yinka, T., Bala, M., Nchekwubemchukwu, S., Modest, K., & Ouattara T. (2023). Social sciences & humanities open a comprehensive overview of artificial intelligence and machine learning in education pedagogy : 21 Years (2000–2021) of research indexed in the Scopus database. *Social Sciences & Humanities Open*, 8(1).

81. Han, S., Li, W., Zhang, E., Shi, J., Wang, W., & Lu, X. (2022). MLadder: An online training system for machine learning and data science education.

Proceedings of the 31st ACM International Conference on Information & Knowledge Management.

82. Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.

83. Hooda, M., Rana, C., Dahiya, O., Rizwan, A., & Hossain, M. S. (2022). Artificial intelligence for assessment and feedback to enhance student success in higher education. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022(1), 5215722.

84. Chyzhmar, K., Dniprov, O., Korotiuk, O., Shapoval, R., Sydorenko, O. (2020). State information security as a challenge of information and computer technology development *Journal of Security and Sustainability Issues*, 9(3), 819–828.

85. Шевчук Б. (2025). Інтеграція штучного інтелекту у віртуальні освітні середовища: персоналізація інформатичної підготовки педагогів професійного навчання. *International Science Journal of Education & Linguistics*, 4(1), 90–98.

86. Шелевер О., Капітан Л., Коновалов О. (2024). Адаптивне навчання здобувачів за допомогою сучасних цифрових платформ. *Інноваційна педагогіка*, 75(24).

87. Wokington, C. (2013). Using adaptive learning technologies to personalize learning according to learners' interests. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 928–932.

88. Wokington, C. (2020). *Adaptive Learning Systems in Higher Education : A Comprehensive Review*. New York : Routledge.

89. Дворжак В. В., Талах М. В. (2022). *Глибинне навчання для комп'ютерного зору*. Чернівці: Технодрук.

90. Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти (ESG). (2015). Київ : ТОВ «ЦС».

91. Штучний інтелект: історія виникнення та перспективи розвитку (Futurum). (Не вказано року). Futurum.

92. Coursera III: website. (Не вказано року). URL:
<https://www.coursera.org/>

93. Google Course Builder: website. (Не вказано року). URL:
<https://code.google.com/archive/p/course-builder/>

ДОДАТКИ

Додаток А

Фрагмент реалізації Моделі предметної області у форматі JSON

codeJSON

```
[
  {
    "competency_id": "el_basics_ohm_law",
    "name": "Знання та розуміння закону Ома",
    "prerequisites": [],
    "learning_objects": [
      { "lo_id": "text_ohm_law_1", "type": "text", "difficulty": "easy",
        "moodle_resource_id": 101 },
      { "lo_id": "video_ohm_law_1", "type": "video", "difficulty": "easy",
        "moodle_resource_id": 102 },
      { "lo_id": "test_ohm_law_1", "type": "quiz", "difficulty": "easy",
        "moodle_resource_id": 103 }
    ]
  },
  {
    "competency_id": "diag_use_multimeter",
    "name": "Навичка вимірювання напруги та опору мультиметром",
    "prerequisites": ["el_basics_ohm_law"],
    "learning_objects": [
      { "lo_id": "video_multimeter_use", "type": "video", "difficulty": "medium",
        "moodle_resource_id": 104 },
      { "lo_id": "sim_multimeter_practice_1", "type": "simulation", "difficulty":
        "medium", "moodle_resource_id": 105 },
      { "lo_id": "test_multimeter_use", "type": "quiz", "difficulty": "medium",
        "moodle_resource_id": 106 }
    ]
  },
  {
    "competency_id": "diag_ckp_sensor",
    "name": "Компетентність з діагностики датчика положення колінчастого
    вала (ДПКВ)",
    "prerequisites": ["diag_use_multimeter"],
    "learning_objects": [
      { "lo_id": "text_ckp_theory", "type": "text", "difficulty": "medium",
        "moodle_resource_id": 107 },
      { "lo_id": "video_ckp_test", "type": "video", "difficulty": "hard",
        "moodle_resource_id": 108 },
      { "lo_id": "sim_ckp_fault_finding", "type": "simulation", "difficulty": "hard",
```

```
"moodle_resource_id": 109 }  
]  
}  
]
```