

УДК 37.091.3:519.68:614.876

Тимошук О. С.

Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне, Україна

ORCID ID 0000-0002-4367-4692

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ ТРАЄКТОРІЙ ФОРМУВАННЯ РАДІАЦІЙНОЇ ГРАМОТНОСТІ

DOI 10.14308/ite000804

У статті висвітлені результати дослідження й обґрунтування можливостей використання штучного інтелекту (ШІ) для створення персоналізованих навчальних траєкторій формування радіаційної грамотності різних груп населення. Наголошено на дедалі більшій ролі радіаційної грамотності в сучасному світі, що детермінована застосуванням радіаційних технологій. Наголошено на необхідності переходу від традиційних методів формування у різних верств населення здатності критично мислити, аналізувати інформацію та приймати обґрунтовані рішення щодо радіаційної безпеки.

В тексті статті представлені результати аналізу та узагальнення наукових праць щодо використання ШІ в освітньому процесі, зокрема для персоналізації навчального процесу. Ідентифіковано ключові тенденції розвитку цифрових освітніх середовищ та можливості застосування ШІ для адаптації навчального матеріалу з урахуванням індивідуальних потреб та рівня підготовки здобувачів освіти.

Представлено експериментально-емпіричний етап дослідження, метою якого було вивчення ефективності різних концепцій використання ШІ для створення персоналізованих навчальних траєкторій формування радіаційної грамотності. В ролі учасників були залучені такі верстви населення: фахівці, що працюють з радіаційно-небезпечним обладнанням (рентгенологічне обладнання), майбутні вчителі природничих наук та особи, що проживають поруч з атомними електростанціями. Здійснено аналіз та порівняння ефективності різних підходів використання ШІ за критеріями відповідності контрольним матеріалам та якості формувань й зрозумілості згенерованої навчальної інформації для учасників експерименту.

Доведено, що сучасні засоби ШІ є ефективними інструментами удосконалення радіаційної освітньої підготовки та мають значний потенціал для персоналізованого формування радіаційної грамотності. Встановлено, що ШІ здатний адаптуватися до освітніх потреб різних груп населення, надаючи об'єктивну та науково-обґрунтовану інформацію. Відмічено, що різні підходи з використання ШІ, такі як модель "помічника", адаптування навчального наповнення та персоналізовані рекомендації, відрізняються за своєю ефективністю. Результати обробки емпіричних даних свідчать про те, що найвищу ефективність продемонстрував підхід "персоналізованих рекомендацій".

Ключові слова: штучний інтелект, радіаційна освіта, радіаційна безпека, радіаційна грамотність, навчальна траєкторія, майбутні вчителі природничих наук, безпека життєдіяльності, охорона праці, цивільна безпека.

Вступ. Сучасний розвиток ядерних та радіаційних технологій характеризується швидкими темпами інновацій та їхньої інтеграції у повсякденне життя людини. Лише у нашій державі понад 60% електроенергії генерується шляхом використання енергії ядерного розпаду, що в перспективі зумовить появу нових ядерних об'єктів та збільшить кількість радіоактивних відходів. Діагностичні процедури, які засновані на застосуванні радіоактивного випромінювання є одними із найпоширеніших і апробованих в сучасній медичній практиці. Водночас людина зазнає значного опромінення від природних та побутових джерел іонізуючого випромінювання. За таких умов особливої актуальності набуває радіаційна

грамотність, метою якої є суспільне формування усвідомленого й відповідального ставлення до використання ядерних та радіаційних технологій. Реконцептуалізація феномену «радіаційна грамотність» в сучасних умовах детермінована не лише техногенними передумовами й трансформацією освітньої парадигми, що заснована на компетентнісному підході, але й новими реаліями, пов'язаними з військовою агресією проти нашої країни й можливими ризиками застосування ядерного озброєння, а також переосмисленням впливу малих доз іонізуючого опромінення на здоров'я людини. Зараз відбувається рух від підходів інформування про радіацію до формування в громадян здатностей критичного мислення, аналізу інформації, в тому числі з різних джерел, щодо радіаційних небезпек, та приймати обґрунтовані рішення щодо особистої безпеки та використання радіаційних технологій. Нове тлумачення радіаційної грамотності передбачає інтеграцію компетентностей з безпеки життєдіяльності, охорони праці, цивільного захисту, фізики, хімії, біології, екології, формуючи цілісне й об'єктивне уявлення про радіаційні ризики, їхній вплив на людину в мирний та воєнний періоди. Особливої уваги доцільно приділяти формуванню знань про вплив малих доз радіації, необхідність дотримання норм радіаційної гігієни у повсякденному житті, про наслідки застосування ядерної зброї, методи захисту від радіаційного ураження, правила безпечної поведінки в умовах радіаційних аварій. Нинішні реалії вимагають трансформації радіаційної грамотності в складну інтегративну й загальнообов'язкову якість (характеристику) особистості, яка охоплює когнітивні, ціннісні, мотиваційні та діяльнісні компоненти, формуючи готовність до безпечної життєдіяльності в умовах потенційних радіаційних загроз.

В окресленому розрізі особливого значення набуває інтеграція інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), зокрема засобів штучного інтелекту (ШІ), для створення нових можливостей із формування радіаційної грамотності громадян. Велика кількість людей має різний рівень підготовки з питань радіаційного захисту та безпеки, що пояснюється різним рівнем їхньої фахової підготовки, особливостями професійної діяльності та особистісними переконаннями. Засоби ШІ мають значний потенціал для створення персоналізованих траєкторій з формування радіаційної грамотності, шляхом адаптування теоретичного матеріалу відповідно до індивідуальних потреб людини, її темпу та стилю навчання, забезпечуючи особистісно-орієнтований, диференційований підхід до кожного. Водночас ШІ може слугувати джерелом поширення правдивої, науково-обґрунтованої інформації про радіацію, мінімізуючи при цьому дезінформацію та формуючи об'єктивне ставлення до радіаційних технологій у широкого загалу.

Постановка завдань дослідження. З метою дослідження потенціалу засобів ШІ у формуванні радіаційної грамотності доцільно задекларувати низку взаємопов'язаних завдань:

1. Виконати аналіз можливостей використання засобів ШІ для формування радіаційної грамотності різних категорій населення з врахуванням їхніх індивідуальних потреб та необхідного рівня і змісту підготовки.
2. Дослідження можливостей ШІ у формуванні об'єктивного (усвідомленого та зваженого) ставлення до радіаційних технологій у суспільстві.
3. Створення прототипу елементів персоналізованого засобу ШІ для реалізації персоналізованих освітніх траєкторій формування радіаційної грамотності.

Аналіз досліджуваних публікацій у досліджуваній області. Індивідуалізація навчання здобувачів освіти досить активно досліджувалася дослідниками в останні десятиліття. Поняття «навчальна траєкторія» використовується для окреслення індивідуальних шляхів навчання, які кожна конкретна людина обирає протягом життя [1]. Ефективна реалізація таких траєкторій можлива за умови соціальної та наукової підтримки, що дозволяє сприяти планомірному розвитку особистості [2]. Освітня траєкторія охоплює такі компоненти: концепція, структурні (когерентні) зв'язки, стратегії взаємодії, теоретичні (когнітивні) моделі та перехідні стандарти (переглядаються окремо для кожного здобувача) [3]. В останніх публікаціях «навчальна траєкторія» трактується як цілеспрямований процес, що спрямований на розвиток здатності здобувачів освіти ефективно співпрацювати та спільно створювати знання, перетинаючи межі різних навчальних дисциплін

та галузей знань [4]. Водночас тенденції розвитку освіти в сучасних умовах розвитку технологій передбачають адаптивну підтримку саморегульованого навчання в цифрових освітніх середовищах [5].

Реалізація індивідуалізованих траєкторій навчання в умовах цифрового освітнього середовища значно спрощує взаємодію між здобувачем освіти й педагогом (тьютором), однак значною мірою ускладнює організаційні аспекти реалізації. Персоналізація навчальних траєкторій в цифровому освітньому середовищі можлива за умов використання систем оптимізованого навчання, які ґрунтуються на динамічному зворотному зв'язку та алгоритмах машинного навчання [6]. Тобто траєкторії навчання пропонується оптимізувати через використання засобів ІІІ у формі засобу зворотного зв'язку. При створенні індивідуалізованих траєкторій ІІІ дозволяють: адаптувати навчальний матеріал відповідно до потреб здобувача, розробляти персоналізовані навчальні модулі, ідентифікувати проблеми, автоматизувати оцінювання навчальних досягнень й аналізувати великі масиви даних, що стосуються успішності та поведінки здобувачів освіти [7]. Крім того ІІІ можна використовувати як засіб персоналізованого навчання, з урахуванням гнучкості та мобільності системи освіти. Проте слід враховувати вкрай низький рівень підготовки педагогічного персоналу у сфері застосування ІІІ-технологій [8]. М. Каууалі стверджує, що потенціал мовних моделей ІІІ полягає в автоматичному коригуванні складності навчальних завдань, рекомендацій щодо навчально-методичного забезпечення та варіювання темпу здобуття нових навичок [9]. ІІІ в сучасному цифровому середовищі може відігравати важливим інструментом для організації персоналізованих стимуляційних ігор, що дозволяють визначити сильні й слабкі сторони студентів, сприяють глибшому розумінню, забезпечують моніторинг засвоєння матеріалу та підвищити мотивацію [10].

Відтак, хоча окреслені праці засвідчують перспективність використання ІІІ для персоналізації освіти, існують суттєві перепони на шляху його ефективної імплементації, зокрема це недостатня методична розробленість застосування ІІІ та низька готовність педагогічних працівників до використання цих технологій в професійній діяльності. Це своєю чергою актуалізує необхідність розробки науково обґрунтованих методик інтеграції ІІІ в сучасне освітнє середовище з урахуванням специфіки предметної галузі, зокрема й у формуванні радіаційної грамотності.

Методологія та інструменти дослідження. З метою обґрунтування методологічної основи реалізації задекларованих завдань, необхідно враховувати низку трендів, що притаманні сучасній парадигмі використання ІІІ в освіті. Найперше засоби ІІІ мають охоплювати широкий спектр завдань освітньої системи, від персоналізації навчання та створення інтелектуальних освітніх середовищ до забезпечення етичних норм та автоматизації оцінювання навчальних досягнень [11]. В контексті персоналізованого навчання ІІІ передусім забезпечують: доступність освітніх послуг, інтелектуальні репетиторські системи та підтримку вчителів [12]. Таким чином, інтеграція ІІІ в процес формування радіаційної грамотності є досить комплексним явищем, що вимагає поєднання теоретичних та емпіричних методів для розв'язання завдань дослідження.

Теоретичні методи дослідження. В якості теоретичної інтерпретації завдань дослідження застосовано методи системного, порівняльного аналізу та моделювання.

Системний аналіз дозволяє виокремити структурні елементи індивідуалізованого навчання радіаційній грамотності, обґрунтувати змістове наповнення траєкторії навчання й обґрунтувати міждисциплінарну інтеграцію. Системний аналіз у радіаційній освіті дозволяє враховувати усі компоненти навчального середовища, як-от дисциплінарний, міжпредметний, організаційний, методичний й оптимізаційний [13].

Порівняльний аналіз найперше покликаний для всебічного й глибокого оцінювання різних аспектів індивідуалізованого навчального процесу, а саме виявляти ефективні підходи та стратегії для кожного окремого випадку. В контексті радіаційної освіти порівняльний аналіз доцільно використовувати у порівнянні концептуальних моделей та вивченні розбіжностей у навчанні [14], а також для ідентифікації інформаційних прогалин та формування узагальнення

про навчальні стратегії [15]. Використання цього методу дозволяє диференціювати вимоги до змістових та організаційних умов формування персоналізованих навчальних траєкторій, залежно від попереднього рівня підготовки особи, її віку чи професії.

Метод теоретичного моделювання необхідний для формування штучного набору умов з метою його подальшої експериментальної перевірки. Моделювання відіграє ключову роль в розробці та оцінці ефективності персоналізованих засобів навчання з ШІ, оскільки дозволяє прогнозувати й адаптувати навчання до потреб здобувача освіти, а також виконувати раннє діагностування й коригування організаційно-методичних прогалин [16]. В рамках нашого дослідження цей метод використано для обґрунтування концептуальних моделей персоналізованої освітньої траєкторії з формування радіаційної грамотності за допомогою засобів ШІ.

Емпіричні методи дослідження використані для безпосередньої оцінки ефективності пропонованих інтервенцій. Для цього використані методи збору емпіричних даних шляхом опитування та анкетування учасників. Цей метод використаний для отримання зворотного зв'язку від учасників дослідження щодо ефективності пропонованих підходів та прототипу ШІ.

Варто зазначити, що емпіричні методи у цьому дослідженні акцентовані у першу чергу не на з'ясування впливу ШІ на рівень радіаційної грамотності, а на ефективність реалізації навчальних траєкторій з використанням ШІ. Для цього застосований метод педагогічного експерименту, що дозволив виявити ефективність пропонованих концептуальних моделей.

Для аналізу отриманих даних дослідження використані методи описової статистики. Зокрема міри центральної тенденції використано для оцінки загального рівня радіаційної грамотності та його змін на різних етапах експерименту. Графічні методи використані для унаочнення емпіричних даних у вигляді схематичних діаграм.

Варто звернути увагу, що представлене дослідження не містить констатувально-контрольної перевірки, оскільки не має на меті порівняти ефективність формування радіаційної грамотності з використанням засобів ШІ, а лише покликане розкрити особливості створення персоналізованих навчальних траєкторій формування радіаційної грамотності.

Цифрові інструменти. З метою опитування учасників експерименту використаний онлайн-сервіс Google Forms. Для систематизації отриманих емпіричних даних та їхньої обробки використані онлайн-сервіс Google Sheets та прикладне програмне забезпечення SPSS. В якості дослідних засобів ШІ використано Gemini 2.0. Flash Experimental [17] та ChatGPT v.2 [18]. Нині це одні з найпотужніших та найдоступніших (без оплатних) мовних моделей на основі ШІ.

Матеріали дослідження. Основними джерелами даних для дослідження є наукові публікації з питань індивідуалізації навчання, застосування інструментів ШІ та формування радіаційної грамотності. В якості науково-метричних баз послуговувалися Google Scholar, Scopus та Web of Science. Крім того, в якості матеріалів використано емпіричні результати опитування та проведеного експерименту. Для розробки концептуальних та змістових моделей використано відкриті бази знань, що стосуються радіаційної грамотності та безпеки.

Опис проведеного експерименту та результатів дослідження. Головною метою експериментальної роботи було дослідження ефективності різних концепцій для створення персоналізованих навчальних траєкторій формування радіаційної грамотності. В рамках необхідності дотримання етичних стандартів при впровадженні засобів ШІ в освітнє середовище, з урахуванням поваги до приватності та забезпечення прозорості алгоритмів [19], імена учасників не розголошуються. Враховуючи те, що персоналізовані освітні траєкторії виступають як універсальний інструмент, доцільно залучати учасників, що мають відмінності у характеристиках [20].

Для участі в експериментальній перевірці було залучено наступних учасників, яким необхідно володіти певним рівнем радіаційної грамотності відповідно до їх професійного та соціального статусу. Зокрема це 4 працівників, що обслуговують діагностичне обладнання комп'ютерної томографії (КТ); 8 майбутніх учителів природничих наук; 2 дозиметристи ста

підприємств, що використовують ядерні та радіаційні технології; 8 осіб, які проживають у зоні спостереження (неподалік) атомних енергогенеруючих підприємств. Тобто до випробування засобів ШІ для персоналізованого формування радіаційної грамотності було залучено 22 особи.

Отож *перший концептуальний підхід* до використання засобу ШІ полягав у призначенні його ролі, тобто створенні моделі «помічника» [21]. До прикладу перше звернення до першого застосованого засобу (ШІ1) мало такий зміст – рис. 1.

You are an expert in the field of radiation safety. Help me deal with some radiation literacy issues

I'd be happy to help! Could you please specify the radiation literacy issues you're dealing with? Are you focusing on educating specific groups, such as students, or dealing with a broader issue in the field of radiation safety?

Рис. 1. Приклад запиту до ШІ1 для встановлення його ролі

Такий підхід дозволяє мовній моделі ШІ краще орієнтуватися у змістовому діапазоні запитань й тим самим конкретизуючи коло питань, що цікавить користувача. Для прикладу, призначення ролі докорінно змінює відповіді засобів ШІ: фізик – «це процес випромінювання та поширення енергії у вигляді хвиль або частинок»; еколог – «чинник навколишнього середовища, який може мати негативний вплив на екосистему»; письменник – «це невидима сила, що здатна як руйнувати, так і створювати»; пересічний громадянин – «це, то що мене лякає... я її не можу побачити чи відчувати, але воно дуже небезпечне» (*усі твердження згенеровані за допомогою ШІ2*). Тобто залежно від ролі ШІ може кардинально по-різному взаємодіяти із користувачем. Роль є передумовою отримання релевантних відповідей, характерними для яких буде відповідний стиль, тон, фокус.

З метою перевірки валідності відповідей використані уточнювальні (експериментальні) запитання для кожної із чотирьох груп учасників. Послугувалися цими питаннями для перевірки якості відповідей ШІ щодо радіаційної грамотності з урахуванням професійного і соціального статусу учасників групи (табл. 1).

Таблиця № 1.

Диференційовані питання для діагностування здатності засобів штучного інтелекту до формування радіаційної грамотності

№ з/п	Група учасників	Перелік питань
1	Фахівці з обслуговування обладнання КТ	1) Які основні чинники впливають на дозу опромінення пацієнта під час КТ, і яким чином їх можна оптимізувати? 2) Які існують методи контролю якості зображень, отриманих за допомогою КТ, та як вони пов'язані з РБ? 3) Опишіть процедуру калібрування та перевірки працездатності КТ-сканера з точки зору РБ? 4) Які заходи радіаційного захисту існують для персоналу, що працює з КТ-обладнанням? 5) Як впливають на дозу опромінення при КТ такі підходи як-от ітеративна реконструкція та модуляція струму трубки?

2	Майбутні учителі природничих наук (здобувачі освіти ЗВО)	1) Схарактеризуйте основні механізми взаємодії іонізуючого випромінювання з різними речовинами та його біологічні наслідки. 2) Опишіть роль природних і штучних джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) та їхню частку в загальному опроміненні людини. 3) Розробіть алгоритм дій учителя та школярів у разі сигналу тривоги про радіаційну небезпеку в школі. 4) Поясніть школярам різницю між іонізуючим та неіонізуючим випромінюванням, використовуючи приклади із повсякденного життя. 5) Запропонуйте підходи до формування у школярів критичного мислення щодо інформаційних повідомлень про радіаційні загрози.
3	Дозиметристи	1) Опишіть способи індивідуального та колективного дозиметричного контролю на підприємствах ядерної галузі 2) Які норми граничного опромінення для різних категорій персоналу та як вони регламентовані законодавчо? 3) Який алгоритм Ваших дій у разі виявлення перевищення допустимого рівня радіаційного фону на робочому місці? 4) Яким чином реалізується облік та аналітика результатів дозиметричного контролю та як це сприяє оптимізації РБ на підприємстві? 5) Охарактеризуйте основні джерела різних типів іонізуючих випромінювання на РНО.
4	Особи, які проживають у зоні спостереження атомних електростанцій	1) Які існують ДІВ природнього та штучного походження? 2) Які заходи та засоби застосовуються на атомних електростанціях для гарантування безпеки населення? 3) Ваші дії у разі аварії на ядерному об'єкті, які засоби індивідуального захисту потрібно використовувати? 4) Де можна отримати інформацію про радіаційний фон у Вашій місцевості? 5) Які Вам відомі «міфи» (маніпулятивні судження) щодо радіації, та як їх відрізнити від перевірених даних?

Окреслені питання учасники послідовно вводили у текстовий інтерфейс досліджуваних засобів ІІІ. Варто підкреслити, що відповіді на питання, навіть із заданою роллю ІІІ, мали суттєві й поверхневі помилки, оскільки оперують даними доступними в мережі Інтернет на основі алгоритмів. Валідність та правильність відповідей перевірялися за інформацією отриманою із вірогідних джерел для кожної категорії учасників експерименту. Так, зокрема для фахівців, що обслуговують засоби КТ такими даними: професійні рекомендації European Society of Radiology (Європейське товариство радіології), публікації в журналах з медичної радіології «Medical Physics», «Radiology», «European Radiology», які безпосередньо стосуються КТ, а також нормативними документами з РБ в медичній діагностиці. Інформацію, що радіаційної грамотності майбутніх учителів природничих наук аналізували з урахуванням даних, що представлені в матеріалах Міжнародної організації з радіаційного захисту (ICRP) (в частині освітніх цілей), методичному забезпеченні МАГАТЕ щодо радіаційної безпеки для шкіл, інформації ВООЗ про вплив радіації на здоров'я. Питання, що стосуються діяльності дозиметристів перевірялися послуговуючись чинним нормативно-правовим забезпеченням у галузі РБ (закони, накази, нормативні положення, інструкції, стандарти організацій України). Питання, що стосуються осіб котрі проживають поблизу РНО, порівнювалися з інформацією,

що представлена на офіційних веб-сайтах МОЗ України, Держатомрегулювання та наукового комітету ООН з питань атомної радіації (UNSCEAR).

Результати перевірки ефективності ІІІ в рамках підходу по створенні моделі «помічника» висвітлені в таблиці 2.

Другий концептуальний підхід передбачав підготовку ІІІ до створення індивідуалізованої траєкторії навчання, після якої згодом аналізувалися питання для різних груп учасників передбачала використання таких прийомів. Зокрема із них полягав у адаптуванні навчального наповнення за рівнем підготовки учасників. Приклад попереднього запиту №1 для майбутнього вчителя природничих наук: «Які основні принципи РБ потрібно пояснити 10-річному школяреві, який цікавиться фізикою/не цікавиться» (рис. 2).

What basic principles of RB should be explained to a 10-year-old student who is interested in physics/not interested

Рис. 2. Приклад запиту до ІІІ за принципом адаптування навчального наповнення за рівнем підготовки користувача

Таблиця № 2.

Ефективність моделі "помічник" у формуванні радіаційної грамотності (порівняння засобів ІІІ1 та ІІІ2)

№ групи	Питання	Відповідність контрольним матеріалам (ІІІ1 / ІІІ2)	Якість формулювань, зрозумілість учасникам (ІІІ1 / ІІІ2)
1	1	повна / задовільна	зрозуміле/частково зрозуміле
	2	повна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	3	задовільна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	4	задовільна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	5	фрагментарна / фрагментарна	частково зрозуміле / зрозуміле
2	1	повна / фрагментарна	зрозуміле/частково зрозуміле
	2	фрагментарна / повна	частково зрозуміле / зрозуміле
	3	фрагментарна / задовільна	не зрозуміле/частково зрозуміле
	4	повна / фрагментарна	зрозуміле/частково зрозуміле
	5	задовільна / повна	частково зрозуміле / зрозуміле
3	1	повна / повна	частково зрозуміле / зрозуміле
	2	повна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	3	задовільна /фрагментарна	не зрозуміле/частково зрозуміле
	4	повна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	5	задовільна / повна	не зрозуміле/частково зрозуміле
4	1	повна / фрагментарна	зрозуміле/частково зрозуміле
	2	повна/повна	частково зрозуміле / зрозуміле
	3	повна /задовільна	зрозуміле/частково зрозуміле
	4	повна /задовільна	зрозуміле/частково зрозуміле
	5	задовільна/повна	зрозуміле/частково зрозуміле

Запит №2: «продовжуй надавати мені інформацію з урахуванням попереднього запиту». Як наслідок ІІІ надає інформацію, що адаптована для дитячого віку із використанням спрощених і доступних термінів й прикладів (рис. 3).

Here's an explanation of the basic principles of Responsibility-Based Ethics (RB) tailored for a 10-year-old, whether they're into physics or not:

The Main Idea of RB

- **We're all connected:** RB reminds us that we're not just individuals. Our actions affect other people, animals, and the environment around us.
- **Think before you act:** It encourages us to consider the consequences of our choices. Will it help or hurt? Is it fair?
- **Take responsibility:** If things go wrong, don't just blame someone else. We need to own up to our mistakes and try to make things right.

Рис. 3. Реакція ІІІ на подальші запити за принципом адаптування навчального наповнення за рівнем підготовки користувача

Перевірка ефективності ІІІ в рамках підходу щодо адаптування навчального наповнення за рівнем підготовки засвідчила результати, що представлені в таблиці 3.

Таблиця № 3.

Ефективність моделі адаптування навчального матеріалу у формуванні радіаційної грамотності (порівняння засобів ІІІ1 та ІІІ2)

№ г р у п и	П и т а н н я	Відповідність контрольним матеріалам (ІІІ1 / ІІІ2)	Якість формулювань, зрозумілість учасникам (ІІІ1 / ІІІ2)
1	1	повна / повна	зрозуміле / зрозуміле
	2	повна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	3	фрагментарна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	4	задовільна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	5	фрагментарна / фрагментарна	частково зрозуміле / зрозуміле
2	1	повна / повна	зрозуміле/ зрозуміле
	2	фрагментарна / повна	частково зрозуміле / зрозуміле
	3	фрагментарна / задовільна	не зрозуміле/ не зрозуміле
	4	повна / часткова	зрозуміле/частково зрозуміле
	5	задовільна / повна	частково зрозуміле / зрозуміле
3	1	фрагментарна / фрагментарна	частково зрозуміле / частково зрозуміле
	2	повна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	3	повна / повна	не зрозуміле/частково зрозуміле
	4	повна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	5	задовільна / повна	не зрозуміле/ не зрозуміле
4	1	повна / часткова	зрозуміле/ зрозуміле
	2	повна/повна	частково зрозуміле / зрозуміле
	3	повна / задовільна	частково зрозуміле / частково зрозуміле
	4	повна / задовільна	зрозуміле/частково зрозуміле
	5	задовільна/ задовільна	частково зрозуміле / частково зрозуміле

Таким чином на основі отриманої інформації засіб ШІ формує зміст і рамки доступності, які дозволяють створити дидактично-адаптований модуль навчання, який своєю чергою може охоплювати текст, малюнки, відеоматеріали, і що головне, які відповідають когнітивним особливостям конкретної людини. З метою перевірки валідності відповідей використані питання, якими послуговувалися в рамках перевірки першого концептуального підходу. Зафіксовані результати характеризуються дещо нижчою ефективністю у питаннях тривіального змістового наповнення. Базові питання, в рамках застосування підходу адаптування навчального наповнення, отримували більш зрозумілі для учасників експерименту та розгорнуті відповіді від засобів ШІ.

Ще одним ефективним підходом конфігурування засобів ШІ для створення персоналізованих траєкторій виступав підхід персоналізованих рекомендацій. Особливість такого підходу полягає у використанні ШІ в якості експерта-посередника чи то пак тьютора, котрий надає персоналізовані рекомендації із урахуванням індивідуальних освітніх потреб. Адаптація такого ШІ-помічника полягає у двох послідовних ітераціях: діагностика рівня розвитку РГ у користувача та рекомендації щодо ресурсів, необхідних для її розвитку. Головною відмінністю від попередніх підходів є те, що ШІ може запропонувати індивідуальний план навчання, на основі рівня підготовленості, темпу навчання та обсягу вільного часу. При такому підході запити до ШІ моделей мають наступний вигляд: запит №1 – «Я цікавлюся питаннями радіаційної грамотності, але маю не достатньо знань у цій сфері. З чого мені почати?», запит №2 – «Прошу врахувати, що я працюю (вказати професію) або мрію розвиватись у (вказати напрямок)», запит №3 – «Для урахування рівня моєї підготовки прошу провести зі мною тестування аби ти краще міг підготувати для мене навчальні матеріали (для визначення поточного рівня радіаційної грамотності)». Результати використання цього підходу засвідчили такі результати серед досліджуваних моделей ШІ:

Таблиця № 4.

Ефективність підходу «персоналізованих рекомендацій» у формуванні радіаційної грамотності (порівняння засобів ШІ1 та ШІ2)

№ групи	Питання	Відповідність контрольним матеріалам (ШІ1 / ШІ2)	Якість формулювань, зрозумілість учасникам (ШІ1 / ШІ2)
1	1	фрагментарна / повна	частково зрозуміле / зрозуміле
	2	повна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	3	фрагментарна / повна	частково зрозуміле /зрозуміле
	4	фрагментарна / повна	зрозуміле/зрозуміле
	5	фрагментарна / фрагментарна	частково зрозуміле / зрозуміле
2	1	повна / повна	зрозуміле/ зрозуміле
	2	фрагментарна / повна	зрозуміле / зрозуміле
	3	фрагментарна /задовільна	не зрозуміле/ не зрозуміле
	4	повна /часткова	зрозуміле/частково зрозуміле
	5	задовільна /повна	частково зрозуміле / зрозуміле
3	1	фрагментарна / фрагментарна	частково зрозуміле / частково зрозуміле
	2	повна / фрагментарна	зрозуміле/зрозуміле
	3	повна / повна	не зрозуміле/частково зрозуміле
	4	повна /повна	зрозуміле/зрозуміле
	5	задовільна /повна	не зрозуміле/ не зрозуміле

4	1	повна /часткова	зрозуміле/ зрозуміле
	2	фрагментарна /повна	зрозуміле / зрозуміле
	3	повна /задовільна	частково зрозуміле /частково зрозуміле
	4	повна /задовільна	зрозуміле/частково зрозуміле
	5	фрагментарна / фрагментарна	частково зрозуміле / зрозуміле

Варто наголосити, що при оцінці ефективності пропонованих підходів використання ІІІ для створення персоналізованих траєкторій формування радіаційної грамотності перевірялася не лише валідність (правильність та точність) відповідей згідно із контрольними джерелами, але й виконувалося опитування користувачів різних груп чи послідовно й доступно ІІІ-помічник надавав відповідь на запитання. Тобто оцінювання виконувалося не лише у розрізі дослідження ефективності розробки персоналізованих освітніх траєкторій, а ще й з урахуванням їхньої дидактичної ефективності. Оцінка роботи засобів ІІІ користувачами полягала у діагностуванні рівня засвоєння знань, їхньої системності й глибини, а також дослідження їхнього рівня мотивації.

Таблиця № 5.

Аналіз ефективності використання підходу «помічник» у формуванні радіаційної грамотності на основі персоналізованих траєкторій

Відповідність контрольним матеріалам	ІІІ І 1	% частка ІІІ1	ІІІ І 2	% частка ІІІ2	Якість формулювань та зрозумілість	ІІІ І 1	% частка ІІІ1	ІІІ І 2	% частка ІІІ2
Повна	8	40	10	50	Зрозуміле	9	45	12	60
Задовільна	4	20	4	30	Частково зрозумі ле	9	45	8	40
Фрагментарна	8	40	6	20	Не зрозуміле	2	10	0	0
<i>Загалом</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>Загалом</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>20</i>	<i>100</i>

Таблиця № 6.

Аналіз ефективності використання підходу адаптування навчального матеріалу у формуванні радіаційної грамотності на основі персоналізованих траєкторій

Відповідність контрольним матеріалам	ІІІ І 1	% частка ІІІ1	ІІІ І 2	% частка ІІІ2	Якість формулювань та зрозумілість	ІІІ І 1	% частка ІІІ1	ІІІ І 2	% частка ІІІ2
Повна	10	50	11	55	Зрозуміле	11	55	16	80
Задовільна	3	15	4	20	Частково зрозумі ле	8	40	4	20
Фрагментарна	7	35	5	25	Не зрозуміле	1	5	0	0
<i>Загалом</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>Загалом</i>	<i>20</i>	<i>100</i>	<i>20</i>	<i>100</i>

З метою зведеного аналізу результатів оцінки ефективності ІІІ для створення персоналізованих траєкторій формування РГ ми виконали аналіз відповідей для кожного підходу на предмет відповідності контрольним матеріалам.

Слід наголосити, що у згенерованих відповідях засобами ІІІ на однакові питання деколи траплялися відмінності, але не в змістовому розрізі, а переважно у стилістичному. Ми вважаємо, що ці розбіжності пояснюються результатами попереднього використання засобів ІІІ користувачами, які брали участь у дослідженні. Наша думка корелює із дослідженням [22], в якому доводиться, що ІІІ може по різному взаємодіяти із користувачами, оскільки враховує попередній досвід користування сервісами або іншу активність користувача в мережі Інтернет. Однак варто наголосити, що засоби ІІІ надавали переважно подібні відповіді усім користувачам (учасникам дослідження), стилістичні відмінності спостережені у питаннях

базового когнітивного рівня й перебувають на рівні 2-3%, що лежить за межами статистичної похибки. Такі не значні відмінності не перешкоджали встановленню загальних трендів щодо використання інструментів ІІІ як засобів створення персоналізованих траєкторій для формування радіаційної грамотності.

Таблиця № 7.

Аналіз ефективності використання підходу «персоналізованих рекомендацій» у формуванні радіаційної грамотності на основі персоналізованих траєкторій

Відповідність контрольним матеріалам	ІІІ І 1	% частка ІІІ1	ІІІ І 2	% частка ІІІ2	Якість формулювань та зрозумілість	ІІІ І 1	% частка ІІІ1	ІІІ І 2	% частка ІІІ2
Повна	14	70	16	80	Зрозуміле	13	65	13	65
Задовільна	4	20	4	20	Частково зрозуміле	6	30	5	25
Фрагментарна	2	10	0	0	Не зрозуміле	1	5	2	10
Загалом	20	100	20	100	Загалом	20	100	20	100

Аналізуючи результати таблиць 5-7 можна задекларувати, що мовні моделі на основі ІІІ є досить дієвими інструментами з побудови персоналізованих траєкторій формування радіаційної грамотності. ІІІ досить ефективно справляється із запитаннями базового когнітивного рівня (загальнонаукові знання, нормативний, закони). Крім того, простежується деяка кореляція у відповідності генерованих тез засобів ІІІ до контрольних матеріалів.

Варто підкреслити, що найвищу ефективність у створенні персоналізованих траєкторій формування радіаційної грамотності продемонстрував підхід «персоналізованих рекомендацій» як за відповідністю контрольним матеріалам, так і за якістю формулювань та зрозумілістю для ІІІ1 та ІІІ2. Підхід адаптованого навчання показує теж якісні результати, однак демонструє великий показник фрагментарності формулювань та їх деякої невідповідності контрольним матеріалам. Водночас підхід використання ІІІ в ролі помічника серед трьох досліджуваних стратегій персоналізованого конфігурування ІІІ характеризується найменшою результативністю. Відповіді за такого підходу здебільшого фрагментарні, а також у переважній частці вербальних реакцій учасників є частково або повністю незрозумілими.

Порівнюючи засоби ІІІ зазначимо, що ІІІ2 переважає ІІІ1 за більшістю показників в рамках кожного підходу. Водночас доцільно акцентувати, що при використанні найефективнішого підходу (персоналізованих рекомендацій) ІІІ в частині доступності та зрозумілості формулювань продемонстрував практично однакові результати.

Відмінність в ефективності між ІІІ2 та ІІІ1 простежується у зрозумілості відповідей, де ІІІ2 значно частіше надає "зрозумілі" відповіді та практично не має "незрозумілих" відповідей у всіх підходах створення персоналізованих траєкторій формування радіаційної грамотності. Не дивлячись на те, що ІІІ1 демонструє покращення ефективності з переходом від підходу «помічника» до персоналізованих рекомендацій, він все ж таки залишається менш надійним інструментом, ніж ІІІ2, особливо з точки зору забезпечення зрозумілого пояснення.

Так, зокрема ІІІ2 на предмет відповідності контрольним матеріалам демонструє більшу частку вичерпних формулювань (відповідей) – 61,7% у порівнянні із ІІІ1 – 53,9%. Також ІІІ1 має більшу частку фрагментарних формулювань (28,3%) порівняно з ІІІ2 (18,3%). Частки задовільних формулювань для обох досліджуваних засобів ІІІ є відносно однаковими. З погляду зрозумілості для користувачів, ІІІ1 надавав 53,9 % зрозумілих відповідей, натомість ІІІ2 – 83,3 %.

Висновки. Виконане дослідження демонструє, що сучасні засоби ІІІ є ефективними інструментами оптимізації радіаційної освіти. Потенціал їхнього використання як персоналізованих засобів формування радіаційної грамотності оцінюється як значний.

По-перше, встановлено, що засоби ІІІ є ефективними у формуванні радіаційної грамотності у різних за професійним спрямуванням та соціальним статусом груп населення.

Не зважаючи на зміст, його складність, інструменти ІІІ досить ефективно адаптувалися до освітніх потреб як фахівців, що використовують радіаційно-небезпечні технології у професійній діяльності (радіаційні дозиметристи та фахівці з обслуговування засобів комп'ютерної томографії), так і осіб, що безпосередньо не причетні до використання джерел іонізуючого випромінювання (особи, що проживають поблизу АЕС та майбутні вчителі природничих наук).

По-друге, об'єктивність відповідей засобів ІІІ сягала показника у понад 80%. Це вказує на те, що засоби ІІІ, за правильного підходу, надають об'єктивну інформацію користувачеві, що дозволяє набувати належного рівня радіаційної грамотності. Незалежно від груп користувачів ІІІ формує науково-обґрунтовані та практично-підтверджені відповіді, що сприяє формуванню об'єктивного ставлення до радіаційних технологій у суспільстві.

По-третє, конфігурування персоналізованих засобів ІІІ для вивчення аспектів радіаційної грамотності має досить гнучку методику. По суті не існує загальноприйнятого підходу з формування індивідуалізованої траєкторії навчання на основі засобів ІІІ. Лейтмотивом є послідовне й логічне надання інструкцій, як-от призначення ролі, уточнювальні питання, адаптування до навчальних потреб, персоналізовані рекомендації.

Усе це свідчить про те, що ІІІ можуть бути корисними для подальшого аналізу та для вибору оптимального підходу їх конфігурування для освітніх цілей у сфері радіаційної грамотності. Водночас, попри потенціал персоналізації, використання ІІІ для формування контенту з радіаційної грамотності може зумовити спрощення та фрагментацію змісту навчання, унеможливаючи формування цілісного та системного розуміння. Також, існує ризик не повного урахування соціокультурного контексту та індивідуальних потреб особи, що може знизити освітню ефективність засобів ІІІ та знизити їхній персоналізований характер.

Подальші дослідження полягатимуть у вивченні засобів ІІІ у структурі сучасного освітнього середовища для формування радіаційної грамотності або компетентності з радіаційної безпеки. Актуальними залишаються аспекти об'єктивності змісту, наданого ІІІ, етичний контекст його використання, а також роль та особливості використання на різних етапах освітнього процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gorard, S., Rees, G., Fevre, R., & Furlong, J. (1998). Learning trajectories: travelling towards a learning society?. *International Journal of Lifelong Education*, 17(6), 400-410.
2. Edwards, A., & Mackenzie, L. (2005). Steps towards participation: The social support of learning trajectories. *International journal of lifelong education*, 24(4), 287-302.
3. Confrey, J., Maloney, A. P., & Corley, A. K. (2014). Learning trajectories: A framework for connecting standards with curriculum. *ZDM*, 46, 719-733.
4. Fortuin, K. P. J., Gulikers, J. T., Post Uiterweer, N. C., Oonk, C., & Tho, C. W. (2024). Developing a boundary crossing learning trajectory: supporting engineering students to collaborate and co-create across disciplinary, cultural and professional practices. *European Journal of Engineering Education*, 49(2), 212-235.
5. Khalil, M., Wong, J., Wasson, B., & Paas, F. (2024). Adaptive support for self-regulated learning in digital learning environments. *British Journal of Educational Technology*.
6. Song, C., Shin, S. Y., & Shin, K. S. (2024). Implementing the Dynamic Feedback-Driven Learning Optimization Framework: A Machine Learning Approach to Personalize Educational Pathways. *Applied Sciences*, 14(2), 916.
7. Kaswan, K. S., Dhatterwal, J. S., & Ojha, R. P. (2024). AI in personalized learning. In *Advances in Technological Innovations in Higher Education* (pp. 103-117). CRC Press.
8. Boiko, A., Shevtsova, N., Yashanov, S., Tymoshchuk, O., & Parzhnytskyi, V. (2024). The impact of the integration of artificial intelligence on changes in the education process of Ukraine: prospects and challenges. *Revista Eduweb*, 18(1), 180-189.

9. Kayyali, M. (2024). Future possibilities and challenges of AI in education. In *Transforming education with generative AI: Prompt engineering and synthetic content creation* (pp. 118-137). IGI Global.
10. Bharathi, G. P., Chandra, I., Sanagana, D. P. R., Tummalachervu, C. K., Rao, V. S., & Neelima, S. (2024). AI-driven adaptive learning for enhancing business intelligence simulation games. *Entertainment Computing*, 50, 100699.
11. Perrotta, C., & Selwyn, N. (2020). Deep learning goes to school: Toward a relational understanding of AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 251-269.
12. Luckin, R., & Holmes, W. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education.
13. Arruzza, E., Chau, M., & Kilgour, A. (2023). Problem-based learning in medical radiation science education: a scoping review. *Radiography*, 29(3), 564-572.
14. Alsop, S. (2001). Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. *International Journal of Science Education*, 23(3), 263-281.
15. Turcanu, C. O., El Jammal, M. H., Perko, T., Baumont, G., Latré, E., & de Witte, I. C. (2016). Satisfaction with information about ionising radiation: a comparative study in Belgium and France. *Journal of radiological protection*, 36(2), S122.
16. Baker, M. J. (2000). The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view. *Journal of Artificial Intelligence and Education*, 11, 122-143.
17. Gemini. (n.d.). Retrieved 2024, December 19, from <https://gemini.google.com/>
18. ChatGPT. (n.d.). *ChatGPT: A conversational AI model*. <https://chatgpt.com/>
19. Dekker, I., Bredeweg, B., te Winkel, W., & van de Poel, I. (2024). Ethical procedures for responsible experimental evaluation of AI-based education interventions. *AI and Ethics*, 1-10.
20. Wu, S. Y., & Yang, K. K. (2022). The effectiveness of teacher support for students' learning of artificial intelligence popular science activities. *Frontiers in Psychology*, 13, 868623.
21. Zheng, M., Pei, J., Logeswaran, L., Lee, M., & Jurgens, D. (2024, November). When "A Helpful Assistant" Is Not Really Helpful: Personas in System Prompts Do Not Improve Performances of Large Language Models. In *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2024* (pp. 15126-15154).
22. Liao, Q. V., Gruen, D., & Miller, S. (2020, April). Questioning the AI: informing design practices for explainable AI user experiences. In *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-15).

Oleksandr Tymoshchuk

Rivne State University of the Humanities, Rivne, Ukraine

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO CREATE PERSONALISED LEARNING PATHS FOR RADIATION LITERACY

The article highlights the results of the study and substantiation of the possibilities of using artificial intelligence (AI) to create personalised learning trajectories for the formation of radiation literacy for different groups of the population. Attention is focused on the growing role of radiation literacy in the modern world, which is determined by the use of radiation technologies. The necessity of transition from traditional methods of forming the ability to think critically, analyse information and make informed decisions on radiation safety in different segments of the population is emphasised.

The article presents the results of the analysis and synthesis of scientific works on the use of AI in the educational process, in particular, for the personalisation of the educational process. The key trends in the development of digital educational environments and the possibilities of using AI to adapt educational material to the individual needs and level of training of students are identified.

The article presents the experimental and empirical stage of the study, which aimed to investigate the effectiveness of different concepts of using AI to create personalised learning paths for the formation of radiation literacy. The following population groups were involved as participants: specialists working with radiation-hazardous equipment (X-ray equipment), future science teachers,

and people living near nuclear power plants. The effectiveness of different AI approaches was analysed and compared by the criteria of compliance with the control materials and the quality of wording and comprehensibility of the generated educational information for the participants of the experiment.

It is proved that modern AI tools are effective tools for improving radiation education and have significant potential for personalised radiation literacy. It is established that AI is able to adapt to the educational needs of different population groups by providing objective and scientifically based information. It is noted that different approaches to the use of AI, such as the 'assistant' model, adaptation of educational content and personalised recommendations, differ in their effectiveness. The results of the empirical data processing show that the approach of 'personalised recommendations' has demonstrated the highest efficiency.

Keywords: artificial intelligence, radiation education, radiation safety, radiation literacy, educational trajectory, future science teachers, life safety, labour protection, civil safety.



Licensed under CC BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Стаття надійшла до редакції 07.04.2025

The article was received 7 April 2025