



УДК 004.8:37.015.31.04

DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2024-108-6>

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО НАВЧАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Саган Олена Валеріївна,
кандидат педагогічних наук, доцент,
завідувач кафедри теорії та методики дошкільної та початкової освіти
Херсонський державний університет
evsagan777@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3195-3686

Мета статті полягає в аналізі сучасних підходів до використання штучного інтелекту в організації персоналізованого навчання, виявлення переваг та недоліків застосування ШІ в освітньому процесі. **Методи.** Теоретичний аналіз наукових публікацій, узагальнення підходів до використання штучного інтелекту для персоналізації навчання здобувачів, емпіричні методи: анкетування, спостереження, тестування. **Результати.** Аналіз та узагальнення різних підходів до визначення феномену «персоналізоване навчання» засвідчили, що у сучасних умовах тотальної цифровізації всіх галузей суспільного життя застосунки штучного інтелекту можуть стати потужним інструментом забезпечення такого навчання. У роботі проведено опитування вчителів початкових класів щодо перспектив та викликів використання застосунків на основі штучного інтелекту у їхній фаховій діяльності. Результати такого опитування засвідчили, що більшою мірою учасники не пов'язують персоналізоване навчання з технологіями штучного інтелекту; ознайомлені з поодинокими застосунками, які функціонують на базі ШІ; частково знайомі з інструментами для аналізу прогресу учнів; зовсім не знайомі із системами управління навчанням (LMS) з підтримкою ШІ. Разом із цим 90% учасників опитування вважають окреслену проблему актуальною. У статті наведено приклади деяких запропонованих респондентам платформ, які функціонують на засадах штучного інтелекту і дають змогу персоналізувати навчання. Використовуючи їх, педагог може зекономити час на рутинних завданнях; генерувати нові ідеї; покращити візуальне оформлення своїх уроків; додати більше інтерактивності в навчальні програми.

Ключові слова: персоналізоване навчання, штучний інтелект, залучення до навчання.

ORGANIZATION OF PERSONALIZED LEARNING WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Sagan Olena Valerievna,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Theory and Methods of Preschool and Primary Education
Kherson State University
evsagan777@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3195-3686

The purpose of the article is to analyze modern approaches to the use of artificial intelligence in the organization of personalized training, to identify the advantages and disadvantages of using AI in the educational process. **Methods.** Theoretical analysis of scientific publications, generalization of approaches to the use of artificial intelligence for personalization of students' training, empirical methods: questionnaires, observations, testing. **Results.** The analysis and generalization of various approaches to defining the phenomenon of «personalized learning» proved that in modern conditions of total digitization of all spheres of social life, artificial intelligence applications can become a powerful tool for providing such learning. In the work, a survey of primary school teachers was conducted regarding the prospects and challenges of using applications based on artificial intelligence in their professional activities. The results of such a survey proved that, to a greater extent, participants do not associate personalized learning with artificial intelligence technologies; familiarized with individual applications that function on the basis of AI; partially familiar with tools for analyzing student progress; completely unfamiliar with AI-enabled learning management systems (LMS). At the same time, 90% of survey participants consider the outlined problem to be urgent. The article provides examples of some platforms offered to respondents, which function on the basis of artificial intelligence and allow for personalization of training. Using them, the teacher can save time on routine tasks; generate new ideas; improve the visual design of your lessons; add more interactivity to training programs.

Key words: personalized learning, artificial intelligence, involvement in learning.



Вступ. Персоналізоване навчання набирає все більшої популярності у сучасному освітньому контексті, оскільки воно дає змогу створювати більш ефективну індивідуальну навчальну траєкторію для кожного здобувача освіти. Таке навчання, на думку фахівців, дає змогу враховувати індивідуальні відмінності учнів з огляду на їхні потреби, різні стилі сприйняття інформації та власні інтереси. Завдяки персоналізації здобувач може вивчати матеріал у своєму власному темпі, не відчуваючи ні перевантаження, ні нудьги. Персоналізовані завдання дають змогу учням глибше зануритися в матеріал і краще його зрозуміти, а швидкий і детальний зворотний зв'язок допомагає виправляти помилки та закріплювати знання. В умовах сучасного цифрового середовища проблема використання та створення персоналізованого освітнього контенту вирішується за допомогою чисельних цифрових платформ та інструментів, зокрема тих, що функціонують на основі штучного інтелекту.

Штучний інтелект (ШІ) поступово стає невід'ємною частиною нашого життя, і освіта не є винятком. Його потенціал у перетворенні традиційних методів навчання на індивідуалізовані та ефективні є величезним. Так, персоналізація навчання реалізується через адаптацію контенту, оскільки ШІ може аналізувати дані про успішність учня, його стиль навчання та інтереси, щоб підбирати індивідуальні навчальні матеріали та завдання. Також ШІ може адаптувати швидкість подачі матеріалу під потреби конкретного учня та аналізувати його відповіді з метою добору додаткових пояснень або вправ. Важливим аспектом є залученість здобувача до освітнього процесу, формування відповідної мотивації. ШІ може створювати інтерактивні симуляції та віртуальні лабораторії, які дають змогу учням досліджувати різні явища та процеси, а навчальні ігри та квести, розроблені за допомогою ШІ, можуть зробити процес навчання більш захопливим та ефективним.

Незважаючи на зростаючу кількість та зростаючий інтерес до застосунків на основі штучного інтелекту, спеціальних досліджень щодо їх використання в організації персоналізованого навчання, виявлення відповідних переваг та недоліків обмаль. Тому **метою статті** є аналіз сучасних підходів до використання штучного інтелекту в організації персоналізованого навчання, виявлення переваг та недоліків застосування ШІ в освітньому процесі.

Теоретичне обґрунтування проблеми.

Персоналізоване навчання – це інноваційний підхід в освіті, який передбачає адаптацію навчального процесу до індивідуальних потреб, інтересів та стилю навчання кожного учня. На відміну від традиційного навчання, де всі учні вивчають один і той самий матеріал,

персоналізоване навчання дає змогу кожному учню рухатися власним темпом, вибирати теми, які його цікавлять, і розвивати свої сильні боки. Цей підхід базується на ідеї, що кожна людина унікальна і потребує індивідуального підходу до навчання. Історія персоналізованого навчання сягає коренями в минулі століття, коли видатні педагоги, такі як Джон Дьюї, Ян Коменський, Йоганн Генріх Песталоцці та ін., підкреслювали важливість індивідуального підходу в освіті.

Поняття «персоналізоване навчання» має декілька тлумачень. За одними джерелами це технологічний підхід, який дає змогу створити індивідуальну освітню траєкторію для кожного учня (Аені та ін., 2024). За іншими – це система навчання, яка гнучко адаптується до потреб різних учасників освітнього процесу, їхніх сильних боків, навичок, досвіду та інтересів (Bishop, Downes, & Farber, 2019). Також персоналізоване навчання розглядається як дидактична модель, що фокусується на індивідуальній роботі та співпраці, а також як концепція, яка поєднує формальне і неформальне навчання (Грофф, 2017). Популярним є комплексне дослідження феномену (Воравут Інтанон, Самран Уїзд, 2024).

Нам імпонує визначення, що «персоналізоване навчання – це особистісно-спрямований процес, у якому в реальному часі відображаються навчальні досягнення здобувача освіти і доступні широкі можливості керування напрямом освіти, а також реалізуються відповідні педагогічні стратегії для досягнення мети навчання» (Якубов, 2016; 60).

Є чисельні дослідження (Аламрі, Лоуелл, Уотсон і Уотсон, 2020; Gunawardena, Bishop, & Aviruppolo, 2024), у яких доведено, що в умовах персоналізованого навчання здобувач стає активним учасником освітнього процесу. Він самостійно визначає свої цілі, вибирає способи досягнення цих цілей і взаємодіє з іншими. Таким чином, здобувач розвиває не лише знання, а й такі важливі навички, як самостійність, відповідальність і вміння працювати в команді.

І якщо теоретичні аспекти персоналізованого навчання обґрунтовані на достатньому рівні, питання його практичної організації в сучасних умовах потребують досліджень і відповідної апробації. Ідеться про розробленість сучасного контенту, який дає змогу отримувати здобувачам освітні послуги як у традиційному форматі, так і в умовах дистанційного або змішаного навчання.

Модель персоналізованого навчання передбачає використання адаптивних технологій, які надають можливості здобувачам просуватися у власному темпі. Ідеться про забезпечення постійним доступом до навчального інтерактивного контенту, надійним і якісним



інструментарієм оцінювання власних навчальних досягнень, постійним зворотним зв'язком. Погоджуючись із Скоттом Бенсоном, виділимо істотні ознаки такої моделі [12]:

- Інтерактивне освітнє середовище, гнучке до індивідуальних потреб здобувачів.
- Модульність начального плану для проектування власної освітньої траєкторії.
- Профіль здобувача, у якому є актуальна інформація про навчальні досягнення, прагнення та очікувані результати, проблеми тощо.
- Якісні засоби моніторингу навчальних досягнень здобувачів.

Штучний інтелект (ШІ) як сучасний цифровий тренд (Саган & Лазарук, 2020) відкриває нові горизонти в освіті, надаючи широкі можливості для персоналізації навчального процесу. Розглянемо деякі з них.

1. Адаптивне навчання. Це досягається завдяки тому, що застосунки штучного інтелекту дають змогу кожному здобувачеві рухатися у власному темпі, не прив'язуючись до загальної програми. ШІ може допомагати вчителям створювати індивідуальні навчальні плани для кожного учня.

Завдання автоматично підбираються відповідно до рівня знань, що дає змогу уникнути як перевантаження, так і нудьги. Разом із цим ШІ може генерувати навчальні матеріали, які відповідають інтересам і стилю навчання кожного учня. Застосунки ШІ дають змогу створювати інтерактивні ігри та симуляції, які роблять навчання більш цікавим та ефективним. Деякі системи ШІ вже здатні розпізнавати емоції учнів за допомогою аналізу їхньої мови та міміки, що дає змогу вчителям надавати більш ефективну підтримку.

2. Зворотний зв'язок у реальному часі, який забезпечується через систему інтерактивних вправ, аналіз помилок здобувачів і надання детальних пояснень для кращого розуміння матеріалу. ШІ може аналізувати великі обсяги даних про успішність здобувача, його стиль навчання, інтереси та мотивацію. Завдяки цьому педагог може своєчасно виявити труднощі, з якими стикається учень, і надати йому додаткову підтримку.

3. Автоматизація рутинних завдань, таких як ведення журналів, складання розкладів, перевірка домашніх завдань і т. д. ШІ-системи постійно навчаються на нових даних, що дає їм змогу ставати все більш ефективними і швидко адаптуватися до нових навчальних програм і вимог.

Ці можливості штучного інтелекту в персоналізованому навчанні дають змогу зробити освітній процес більш гнучким, адаптивним і орієнтованим на потреби кожного учня, що підвищує ефективність навчання та рівень мотивації. Разом із цим використання ШІ потребує ретельного планування та управ-

ління, щоб максимізувати переваги й звести до мінімуму ризику.

2. Методологія та методи. Теоретичний аналіз наукових публікацій, узагальнення підходів до використання штучного інтелекту для персоналізації навчання здобувачів, емпіричні методи: анкетування, спостереження, тестування.

3. Результати та дискусії. Із метою вивчення стану розробленості проблеми персоналізації навчання засобами штучного інтелекту ми організували відповідне опитування серед учителів початкових класів (28 респондентів). Результати опитування показали, що більшою мірою учасники не пов'язують персоналізоване навчання з технологіями штучного інтелекту; ознайомлені з поодинокими застосунками, які функціонують на базі ШІ; частково знайомі з інструментами для аналізу прогресу учнів; зовсім не знайомі із системами управління навчанням (LMS) з підтримкою ШІ. Разом із цим респонденти вказують, що досить часто використовують цифрові технології у навчанні, зокрема ті, що пов'язані з пошуком та обробкою результатів. На питання, чи може використання ШІ допомогти в персоналізації навчання, більшість учасників не може надати позитивної відповіді, оскільки майже не знайома з такими можливостями (рис. 1).

У відповідях зазначаються проблеми, зумовлені обмеженням вибором українськомовних ресурсів. Учителі стикаються з браком якісного контенту українською мовою, що відповідає навчальним стандартам. Але 90% учасників опитування вважають окреслену проблему актуальною і готові навчатися для оволодіння новими технологіями ШІ в навчальному процесі.

Аналіз джерел (Саган & Пермінова, 2023), узагальнення існуючого досвіду, результати опитування дають змогу зробити висновок щодо необхідності розроблення моделі організації персоналізованого навчання з використанням штучного інтелекту, добору необхідного інструментарію і реалізації відповідної освітньої програми.

Ураховавши отримані результати, ми у межах магістерської підготовки ввели навчальні модулі, які дають змогу ознайомити здобувачів освіти з організацією персоналізованого навчання за допомогою застосунків на основі штучного інтелекту.

Наведемо приклади деяких платформ, які функціонують на засадах штучного інтелекту і дають змогу персоналізувати навчання.

Eightyfy – це інструмент на основі штучного інтелекту, який створює стислі текстові резюми відео з YouTube. Завдяки поєднанню власних технологій та можливостей OpenAI ChatGPT він дає змогу швидко зрозуміти суть відео без повного перегляду. Для початку роботи достатньо



Рис. 1. Результати опитування щодо можливостей персоналізованого навчання засобами ШІ

завантажити відеофайл або вказати посилання на нього. Далі система автоматично генерує стислий опис відео, який може бути додатково налаштований користувачем. Функціональність інструменту дає змогу не лише отримати загальне уявлення про зміст відео, а й виді-

лити ключові моменти та цитати для подальшого використання. Окрім того, Eightyfy автоматично генерує субтитри і підтримує багато мов. Цей інструмент є незамінним помічником для студентів, викладачів та всіх, хто хоче економити час на перегляді відео (рис. 2).

MagicSlides – це незамінний інструмент для викладачів та студентів. Він дає змогу легко створювати презентації для лекцій, семінарів та інших навчальних заходів на основі різноманітних джерел інформації. Інструмент автоматично структурує інформацію і представляє її у зручному для сприйняття вигляді. Аналогічний функціонал пропонує застосунок Gamma (рис. 3).

Skill AI – інструмент для створення навчальних траєкторій, який автоматично генерує навчальні траєкторії на основі заданих тем. Для створення траєкторії достатньо ввести ключові слова, тему або короткий опис вимог. Skill AI аналізує ці дані та формує структурований навчальний шлях для досягнення освітніх цілей.

Наприклад, якщо ввести «гейміфікація освітнього процесу», інструмент запропонує послідовність навчальних матеріалів для використання гейміфікованих продуктів, достатньо записати свій запит у відповідне поле (рис. 4).

Skill AI також дає змогу відстежувати прогрес проходження вибраної траєкторії.

ElevenLabs – це потужний інструмент для синтезу мови, який дає змогу перетворювати будь-який текст на високоякісне аудіо. Сервіс пропонує понад 120 варіантів голосів, що відрізняються за інтонацією, тембром і акцентом.



Рис. 2. Приклад обробки відео у застосунку Eightyfy [9]



Рис. 3. Скріншот сторінки створення презентацій на платформі Gamma

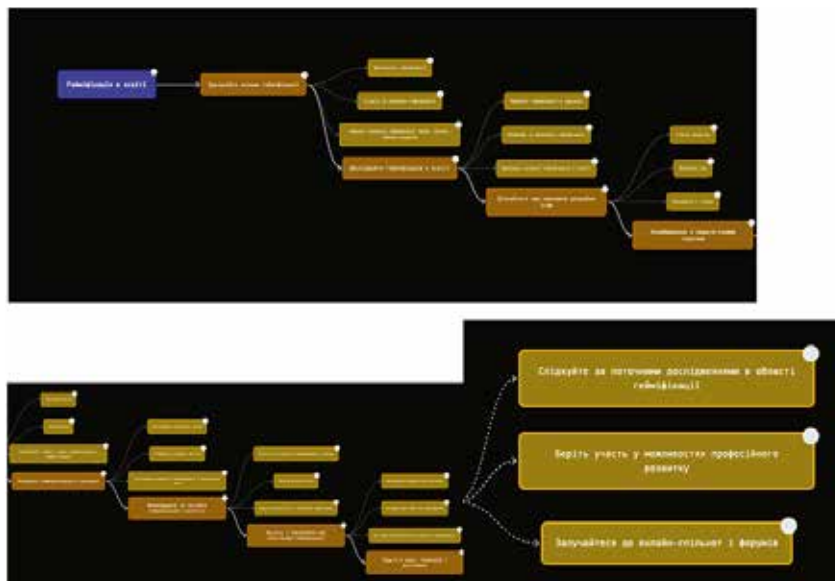


Рис. 4. Генерація запиту в Skill AI

ElevenLabs підтримує понад 20 мов, включаючи українську, що робить його універсальним інструментом для створення аудіоконтенту різними мовами. Цей сервіс можна використовувати для озвучення навчальних матеріалів, відео, підкастів, а також для створення голосових асистентів і чат-ботів.

Голосовий генератор ElevenLabs відкриває нові можливості для урізноманітнення навчального процесу. За допомогою цього інструменту можна створювати аудіоверсії підручників, казок та інших навчальних матеріалів, що зробить навчання більш інтерактивним та доступним для учнів. Індивідуалізувати процес навчання можна за допомогою регулювання швидкості мовлення, що дасть змогу підлаштуватися під різні рівні читацької підготовки учнів. Окрім того, ElevenLabs може озвучувати інструкції до завдань, що особливо корисно для учнів з особливими освітніми потребами. За допомогою цього сервісу можна створювати аудіокнижки з улюблених казок, під-

ручників або навіть створювати індивідуальні навчальні програми. Це особливо корисно для дітей, які тільки починають навчатися читати, або для тих, хто має труднощі з концентрацією уваги. Окрім того, ElevenLabs може озвучувати інструкції до завдань, що допоможе дитині самостійно виконувати домашні завдання.

Ці AI-інструменти можуть стати цінними помічниками у створенні навчального контенту, сприяючи оптимізації процесу розробки та підвищенню його ефективності. Використовуючи їх, педагог може зекономити час на рутинних завданнях, генерувати нові ідеї, покращити візуальне оформлення своїх уроків, додати більше інтерактивності в навчальні програми.

Однак ефективне використання ШІ актуалізує й низку проблем. Розроблення якісного контенту через створення навчальних матеріалів, адаптованих до вікових особливостей здобувачів освіти і розроблених спеціально для використання з ШІ-застосунками. Інтерфейс ШІ-застосунків повинен бути максимально



простим і інтуїтивно зрозумілим для дітей і вчителів. Необхідно розробляти програми підготовки вчителів для ефективного використання ШІ-застосунків у навчальному процесі. ШІ-застосунки повинні бути інтегровані в загальну систему управління навчанням, щоб забезпечити безперервність навчального процесу. Необхідно розробляти більш доступні за вартістю ШІ-застосунки, особливо для невеликих шкіл.

Загалом ШІ має потенціал революціонізувати процес навчання, зробивши його більш ефективним, індивідуальним і захопливим. Однак важливо пам'ятати, що ШІ є лише інструментом, і його успішне застосування залежить від того, як ми його використовуємо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аламрі, Х., Лоуелл, В., Вотсон, В., Вотсон, С.Л. (2020). Використання персоналізованого навчання як навчального підходу для мотивації учнів у вищій освіті онлайн: самовизначення учня та внутрішня мотивація. *Journal of Research on Technology in Education*, 52 (3), 322–352. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728449>
2. Банник, А., & Штимак, А. (2023). Використання ІШІ для візуалізації освітнього контенту. *Освіта. Інновації. Практика*, 11(10), 84–89. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i10-012>.
3. Загрози штучного інтелекту в освіті. Promethean. URL: <https://epravda.com.ua/publications/2019/07/15/649648/>
4. Інструктивно-методичні рекомендації щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти. Міністерство освіти і науки України. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metod_204_ychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf. (дата звернення: 6.11.2024)
5. Саган, О., & Лазарук, В. (2020). Трансформації освітніх технологій на основі принципів цифрової дидактики. *Педагогічні науки*, 92, 91–95. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2020-92-15>
6. Саган, О.В., & Пермінова, Л.А. (2023). Трансформація функцій учителя початкових класів в умовах змішаного та дистанційного навчання. *Педагогічні науки*, (104). <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-104-9>
7. Якубов, С. (2016). Персоналізоване навчання в загальноосвітній школі: основні визначення та шляхи до впровадження. *Директор школи*, 9(117), 59–72. https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/15279/1/S_Yakubov_DSH_9_IPPO.pdf
8. AI-помічники для e-learning: топ інструментів від Валентини Грінченко. URL: <https://collaborator.biz/blog/ai-assistants-for-e-learning/> (дата звернення: 10.11.2024).
9. Ayeni, O.O., Al Hamad, N.M., Chisom, O.N., Osawaru, B., & Adewusi, O.E. (2024). AI in education: A review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 261–271. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.18.2.0062>

10. Bishop, P.A., Downes, J.M., & Farber, K. (2021). *Personalized learning in the middle grades: A guide for classroom teachers and school leaders*. Harvard Education Press.

11. Benson, S. (2013). What is personalized learning? A working draft. Scott Benson. <https://scottbenson.wordpress.com/2013/08/06/what-is-personalized-learning/>

12. Inthanon, Worawut & Wised, Samran. (2024). Tailoring Education: A Comprehensive Review of Personalized Learning Approaches Based on Individual Strengths, Needs, Skills, and Interests. *Journal of Education and Learning Reviews*. 1. 35–46. 10.60027/jelr.2024.779.

13. Groff, J.S. (2017). Personalized learning: The state of the field & future directions. *Center for Curriculum Redesign*, 47, 1–44.

14. Gunawardena, M., Bishop, P., & Aviruppola, K. (2024). Personalized learning: The simple, the complicated, the complex and the chaotic. *Teaching and Teacher Education*, 139, 104429. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104429>

REFERENCES

1. AlAmri, H., Lowell, B., Watson, B., & Watson, S. L. (2020). Using personalized learning as a pedagogical approach to motivate students in online higher education: Student self-determination and intrinsic motivation. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(3), 322–352. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1728449>
2. Bannik, A., & Shtimak, A. (2023). Using AI for visualization of educational content. *Education. Innovations. Practice*, 11(10), 84–89. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i10-012>
3. Threats of artificial intelligence in education. Promethean. URL: <https://epravda.com.ua/publications/2019/07/15/649648/>
4. Methodological recommendations on the introduction and use of artificial intelligence technologies in general secondary education institutions. Ministry of Education and Science of Ukraine. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metod_204_ychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf. (Accessed: 06.11.2024)
5. Sagan, O., & Lazuruk, V. (2020). Transformations of educational technologies based on the principles of digital didactics. *Pedagogical Sciences*, 92, 91–95. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2020-92-15>
6. Sagan, O.B., & Permynova, L.A. (2023). Transformation of primary school teachers' functions in the context of blended and distance learning. *Pedagogical Sciences*, (104). <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2023-104-9>
7. Yakubov, S. (2016). Personalized learning in general secondary school: Basic definitions and ways of implementation. *Director of School*, 9(117), 59–72. https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/15279/1/S_Yakubov_DSH_9_IPPO.pdf
8. AI assistants for e-learning: top tools from Valentyna Hrinchenko. (n.d.). *Collaborator.biz*. Retrieved November 10, 2024, from <https://collaborator.biz/blog/ai-assistants-for-e-learning/>
9. Ayeni, O.O., Al Hamad, N.M., Chisom, O.N., Osawaru, B., & Adewusi, O.E. (2024). AI in education: A



review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 261–271. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.18.2.0062>

10. Bishop, P.A., Downes, J.M., & Farber, K. (2021). *Personalized learning in the middle grades: A guide for classroom teachers and school leaders*. Harvard Education Press.

11. Benson, S. (2013). What is personalized learning? A working draft. Scott Benson. <https://scottebenson.wordpress.com/2013/08/06/what-is-personalized-learning/>

12. Inthanon, Worawut & Wised, Samran. (2024). *Tailoring Education: A Comprehensive Review of Personalized Learning Approaches Based on Individual*

Strengths, Needs, Skills, and Interests. *Journal of Education and Learning Reviews*. 1. 35–46. 10.60027/jelr.2024.779.

13. Groff, J.S. (2017). *Personalized learning: The state of the field & future directions*. *Center for Curriculum Redesign*, 47, 1–44.

14. Gunawardena, M., Bishop, P., & Aviruppola, K. (2024). *Personalized learning: The simple, the complicated, the complex and the chaotic*. *Teaching and Teacher Education*, 139, 104429. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104429>

*Стаття надійшла до редакції 10.11.2024.
The article was received 10 November 2024.*