



DOI 10.31110/2413-1571-2023-038-1-010

УДК 004.853

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОГО РОЗВИТКУ ПЕДАГОГІЧНИХ КАДРІВ

Марія ШИШКІНА

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
 marimodi@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5569-2700>

Юлія НОСЕНКО ✉

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
 nosenko-y@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-9149-8208>

PROMISING TECHNOLOGIES WITH ELEMENTS OF AI FOR PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF TEACHING

Mariya SHYSHKINA

The Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Ukraine
 marimodi@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5569-2700>

Yuliya NOSENKO ✉

The Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Ukraine
 nosenko-y@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-9149-8208>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Наразі освіта проходить складний етап модернізації, зумовлений повсюдним поширенням цифрових технологій, розбудовою Суспільства 4.0. Відзначається необхідність модернізації освітнього середовища педагогічних закладів, приведення його у відповідність сучасним досягненням. Вирішення завдань формування в педагогічних закладах високотехнологічного освітнього середовища є суттєвою передумовою підготовки фахівців, здатних до ефективного застосування сучасних цифрових технологій у професійній діяльності.

Матеріали і методи. Застосовано теоретичні методи, зокрема, аналіз синтезу, узагальнення нормативної бази, законодавчих документів, стратегій, концепцій України та закордонних держав, дослідницьких робіт вітчизняних і закордонних науковців, експертів. Застосовано прогностичний підхід для визначення шляхів подальших наукових досліджень за напрямом.

Результати. Розглянуто основні перспективні цифрові технології, доцільні для використання в професійному розвитку вчителів: хмарні обчислення, імерсивні технології, технології з елементами штучного інтелекту. Виокремлено тенденції, що нині характеризують перспективні напрями розвитку та використання сучасних технологій персоналізації навчання. Визначено передумови для досягнення ефективності використання AR/VR, у т.ч. з елементами штучного інтелекту. Надано рекомендації щодо напрямів використання сучасних перспективних технологій, у т.ч. з елементами штучного інтелекту, для професійного розвитку вчителів.

Висновки. Основною відмінністю освітніх систем нового покоління від попередніх автоматизованих засобів навчання, є вищий рівень адаптивності. Це досягається за рахунок організації більш гнучкого та відкритого освітнього середовища з використанням гібридних хмарних рішень, технологій AR/VR з елементами штучного інтелекту, що забезпечують доступ до персоналізованих послуг як індивідуально, так і колективно. Впровадження в освітнє середовище цифрових технологій з елементами штучного інтелекту вважаємо перспективним напрямом покращення підготовки педагогічних кадрів. Доцільно продовжити дослідження в напрямі розроблення відповідних моделей і методик проектування та використання освітнього середовища з елементами штучного інтелекту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: професійний розвиток вчителів; перспективні цифрові технології; хмарні обчислення; імерсивні технології; AR/VR; штучний інтелект; цифрова компетентність.

ABSTRACT

Formulation of the problem. Currently, education is going through a difficult stage of modernization caused by the wide spread of digital technologies and the development of Society 4.0. The need to modernize the educational environment of pedagogical institutions, bringing it into line with modern achievements is noted. Solving the tasks of creating a high-tech educational environment in pedagogical institutions is an essential prerequisite for the training of specialists capable of effective use of modern digital technologies in professional activities.

Materials and methods. Theoretical methods are applied, in particular, analysis, synthesis, generalization of the regulatory framework, legislative documents, strategies, concepts of Ukraine and foreign countries, research works of Ukrainian and foreign scientists, experts. A prognostic approach is used to determine the ways of further scientific research by direction.

Results. The main promising digital technologies, appropriate for use in the professional development of teachers, are considered: cloud computing, immersive technologies, technologies with elements of AI. The trends that currently characterize promising areas of development and use of modern technologies for the personalization of learning are singled out. The prerequisites for achieving the effectiveness of the use of AR/VR are determined, including those ones with elements of AI. Recommendations are provided regarding the use of modern promising technologies, including those ones with elements of AI, for the professional development of teachers.

Conclusions. The main difference between the educational systems of the new generation and the previous automated learning tools is a higher level of adaptability. This is achieved by organizing a more flexible and open educational environment using hybrid cloud solutions, AR/VR technologies with elements of artificial intelligence, which provide access to personalized services both individually and collectively. We consider the introduction of digital technologies with elements of artificial intelligence into the educational environment to be a promising direction for improving the training of teaching staff. It is advisable to continue research in the direction of developing appropriate models and methods of designing and using an educational environment with elements of artificial intelligence.

KEYWORDS: teachers' professional development; promising digital technologies; cloud computing; immersive technologies; AR/VR; artificial Intelligence (AI); digital competence.

ВСТУП

Формулювання проблеми. Наразі освіта та наука у світі загалом та в Україні зокрема проходять складний етап модернізації, зумовлений повсюдним поширенням цифрових технологій, розбудовою Суспільства 4.0. Відзначається

Для цитування:

Шишкіна М., Носенко Ю. Перспективні технології з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів. *Фізико-математична освіта*, 2023. Том 38. № 1. С. 66-71. DOI: 10.31110/2413-1571-2023-038-1-010

Шишкіна, М., & Носенко, Ю. (2023). Перспективні технології з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів. *Фізико-математична освіта*, 38(1), 66-71. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-010>

For citation:

Shyshkina, M., & Nosenko, Yu. (2023). Promising technologies with elements of AI for professional development of teaching. *Physical and Mathematical Education*, 38(1), 66-71. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-010>

Shyshkina, M., & Nosenko, Yu. (2023). Perspektivni tehnologii z elementami shtuchnoho intelektu dlia profesiinoho rozvytku pedahohichnykh kadrov [Promising technologies with elements of AI for professional development of teaching]. *Fizyko-matematichna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(1), 66-71. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-010>

необхідність у модернізації освітнього середовища педагогічних навчальних закладів, приведення його у відповідність сучасним досягненням науково-технічного прогресу, що є запорукою підготовки висококваліфікованих, ІКТ-компетентних фахівців.

Однією із основних умов поліпшення якості підготовки педагогічних кадрів, підвищення рівня впровадження наукових здобутків у сфері освіти, розвитку інноваційних педагогічних засобів є забезпечення ширшого доступу до перспективних цифрових технологій у закладах освіти. У зв'язку з цим, існує необхідність фундаментальних досліджень проблем проектування освітнього середовища з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів. Це потребує обґрунтування теоретико-методологічних засад створення середовища, дослідження інноваційних моделей, принципів і методів його організації і розвитку, визначення найбільш доцільних шляхів використання тощо. Необхідно взяти до уваги світові тенденції, що полягають у переході від масового впровадження окремих програмних засобів до комплексних інтегрованих рішень, спрямованих на підтримку крос-платформних інфраструктур та розподілених мережних сервісів.

Вирішення завдань формування у педагогічних закладах освіти (педагогічних коледжах, університетах, закладах післядипломної педагогічної освіти) високотехнологічного освітнього середовища є суттєвою передумовою для підготовки фахівців, здатних до ефективного, науково обґрунтованого застосування сучасних цифрових технологій у професійній діяльності. Зокрема, професійного розвитку педагогічних кадрів із застосуванням засобів штучного інтелекту.

Аналіз актуальних досліджень. Проблеми проектування високотехнологічного освітнього середовища належать до першочергових у сфері цифровізації. Про це свідчать урядові ініціативи розвинених країн світу (Національна стратегія штучного інтелекту, Великобританія; Стратегія штучного інтелекту, США; Штучний інтелект для Європи, ЄС та ін.), прийняття міжнародних документів (Європейська стратегія хмарних обчислень, Федеральна урядова ініціатива хмарних обчислень у США) тощо.

В Україні відзначаються кроки в напрямі цифровізації різних секторів економіки, у т.ч. освітнього. Згідно з Концепцією цифрової трансформації освіти і науки України на період до 2026 року (Концепція цифрової трансформації, 2021), визначено стратегічні цілі: забезпечити сталий розвиток цифрової компетентності шляхом запровадження постійно діючих курсів, тренінгів для вчителів, створення типової програми підвищення кваліфікації педагогічних працівників з цифрової компетентності, осучаснити зміст освіти, зокрема забезпечити відповідність змісту освіти в галузі ІКТ сучасним вимогам тощо. У Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 роки (Стратегія розвитку, 2020) зазначено, що освіта наразі відстає від цифровізації інших сфер, і необхідно докласти більше зусиль, щоб скористатися інструментами та перевагами нових технологій.

В Інституті цифровізації освіти НАПН України досягнуто значних результатів щодо дослідження теоретичних та методологічних засад проектування відкритих інформаційно-освітніх середовищ (Биков та ін., 2020; Коваленко та ін., 2020; Литвинова та ін., 2021; Мар'єнко та ін., 2021; Маркова та ін., 2015 та ін.).

Науково-теоретичні та практико-методичні засади застосування імерсивних технологій в освітньому процесі розкрито в роботах як вітчизняних, так і закордонних учених: Jesionkowska J. (2020); Madathil K. (2017), Pellas (2020), Ro Y. (2017), Soroko N. (2021) та ін.

Можливості застосування систем зі штучним інтелектом в освіті розглядаються в дослідженнях Візнюк І. (2021), Bilan Yu. (2020), Jianlong Z. (2018), Popenici S. (2017), Tuomi I. (2018), Osetskiy V. (2021) та ін.

Окреслені роботи утворюють методологічний базис для подальших досліджень за даним напрямом, зокрема в контексті проектування освітнього середовища з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів.

Мета полягає у висвітленні проміжних результатів дослідження, спрямованого на визначення тенденцій, особливостей та рекомендацій щодо використання сучасних перспективних технологій з елементами штучного інтелекту для підготовки і професійного розвитку вчителів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На даному етапі дослідження авторами застосовано теоретичні методи науково-педагогічного пошуку. Зокрема, аналіз нормативної бази, законодавчих документів, стратегій, концепцій України та закордонних держав, дослідницьких робіт вітчизняних і закордонних науковців, експертів. У результаті синтезу, узагальнення аналітичної роботи здійснено розробку рекомендацій щодо напрямів використання сучасних перспективних технологій, у т.ч. з елементами штучного інтелекту, для підготовки і професійного розвитку вчителів. На підставі прогностичного підходу окреслено шляхи подальших наукових досліджень за напрямом, зокрема щодо розроблення відповідних моделей і методик проектування та використання освітнього середовища з елементами штучного інтелекту.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Підготовка фахівців, здатних працювати в динамічному середовищі, адаптуватися до постійних змін, формувати міжпредметні зв'язки, включаючи використання сучасних цифрових технологій, є важливим завданням сучасної галузі освіти. Нині підготовка професіонала виходить за межі традиційного аудиторного навчання. Натомість поширюються нові комбіновані форми (змішане навчання, перевернутий клас та ін.), що передбачають широке застосування новітніх сервісів. Окрім поліпшення доступу до освітніх послуг, забезпечення мультимедійності контенту і т.ін., для сучасних цифрових рішень притаманні характеристики адаптивності (приспосовності до потреб кожного користувача), забезпечення максимальної персоналізації, індивідуалізації освітньої траєкторії.

Із розвитком технологій, веб-простору, хмарних обчислень можливість забезпечення адаптивності, персоналізації значно зростають. Виокремлюємо низку важливих **тенденцій**, які нині характеризують перспективні напрями розвитку та використання сучасних технологій персоналізації навчання:

- розвиток адаптивних хмаро орієнтованих платформ, їх подальша уніфікація, універсалізація, формування єдиних стандартів розробки та впровадження окремих модулів, підсистем і систем навчання з елементами штучного інтелекту;
- зростаюча роль підходу Big Data («великі дані») для збору та аналізу результатів навчання та прогресу кожного учня/студента/слухача;
- зростаюча насиченість навчального середовища різними інтелектуальними пристроями, пультами дистанційного керування, роботами, периферійним обладнанням тощо, якими можна управляти через єдину платформу із підключенням до мережі – Internet of Things («Інтернет речей»);
- Розробка та впровадження систем освітньої та наукової співпраці у віртуальних командах з використанням «доповнених» (віртуальних) агентів;
- Зростання ролі комп'ютерної грамотності та технологічної культури для всіх учасників освітнього процесу для успішної розробки та впровадження нового покоління засобів навчання на основі штучного інтелекту.

В останні роки відзначається тенденція до впровадження імерсивних технологій у різних сферах діяльності, в т.ч. в освітніх системах, що сприяє покращенню адаптивності цих систем. Імерсивні технології (англ. Immersive — занурювати) розуміємо як технології повного або часткового занурення у віртуальний світ або різні види змішання реальної і віртуальної реальності. При цьому, RR (Real Reality) – «реальна реальність» або об'єктивна реальність, в якій ми знаходимося і яку сприймаємо органами почуттів; AR (Augmented Reality) – доповнена («додана») реальність, коли в «реальну реальність» (RR) додано елементи віртуальної, змодельованої реальності; VR (Virtual Reality) – віртуальна реальність, повністю змодельована дійсність із застосуванням сучасних технологій (не лише 3D або 360° сцени, а також звук, тактильні відчуття, запахи і т.ін.) (Імерсивні технології в освіті, 2021).

Імерсивні технології характеризуються зануренням, взаємодією, залученням. До ключових переваг варто віднести розвиток просторової уяви учнів/студентів/слухачів, підвищення якості STEM/STEAM-освіти, розвиток мультисенсорного навчання і т.ін. Технології VR дають можливість проведення лабораторних і практичних робіт, які важко або неможливо проводити у традиційних умовах навчання, дозволяють демонструвати і вивчати об'єкти з різних ракурсів, в т.ч. недоступних в реальному житті. Можливість візуалізувати віртуальне обладнання сприяють заощадженню ресурсів для підготовки фахівців, оскільки зникає необхідність в придбанні додаткових пристроїв і устаткування, дозволяє здійснювати навчання будь-де, будь-коли, в індивідуальному темпі (Hasan, 2017).

Згідно з дослідженням (Кремень, 2022), 9,1% учнів знають що таке AR-технологія, 68,3% – чули про неї, 18,2% – мали змогу використати для навчання або розваг. З'ясовано, що учні готові використати таку технологію на різних уроках – у пріоритеті фізика, біологія, географія. Встановлено, що розташування AR-об'єктів може бути в атласах – 40,1%, контурних картах – 35,9%, підручниках – 63,8%, робочих зошитах – 29,0% та аркушах – 29,1%, на окремих картках – 46,2%. Визначено, що 79,0% учнів гімназій мають бажання навчатися з використанням нових технологій, а 66,2% – позитивно ставляться до такого нововведення.

Для успішного впровадження перспективних технологій в заклади загальної середньої освіти, попередньо необхідно забезпечити якісне освітнє середовище для підготовки та підвищення кваліфікації вчителів, для формування й розвитку їхньої цифрової компетентності, здатності доцільно обирати і застосовувати сучасні хмарні сервіси, імерсивні технології, розробки з елементами штучного інтелекту тощо.

Для досягнення ефективності використання AR та VR, у т.ч. з елементами штучного інтелекту, необхідно забезпечити **низку передумов**:

- забезпечити користувачів необхідними гаджетами (мобільними пристроями – смартфонами, планшетами);
- встановити потрібне програмне забезпечення на мобільні пристрої;
- сформувати у користувачів первинні навички щодо використання AR/VR, навігації, пошук та ін.;
- інтегрувати AR/VR у зміст навчання.

Розвиток імерсивних технологій, зазвичай з елементами штучного інтелекту, потребує обробки великих обсягів даних, зокрема щодо індивідуальної освітньої траєкторії та прогресу кожного учня/студента/слухача. Оскільки такі системи здійснюють обчислення дуже високого порядку, аналізуючи величезні масиви даних в режимі реального часу, питання масштабованості системи може розглядатися з двох позицій: як ефективно програмувати ці системи, та як підготувати таку архітектуру, щоби витримувала обробку, завантаження, розподіл цих даних. З огляду на це, вважаємо актуальним і перспективним вивчення теоретичних засад проектування таких систем на основі хмаро орієнтованих платформ, а також розроблення методик їхнього використання, у т.ч. в професійній підготовці вчителів, як головних суб'єктів впровадження інновацій в загальній середній освіті (Носенко, 2018).

Ефективним може стати поєднання перспективних технологій – адаптивних хмароорієнтованих систем, AR/VR і штучного інтелекту та сучасних педагогічних методик, що сприятиме персоналізації освіти, її адаптивності до індивідуальних особливостей підготовки педагогічних кадрів. Постає необхідність оновлення змісту та підходів до підготовки сучасних учителів, формування їх готовності до якісної професійної діяльності в умовах суцільної цифровізації.

Рекомендуємо такі напрями використання сучасних перспективних технологій, у т.ч. з елементами штучного інтелекту, для підготовки і професійного розвитку вчителів:

- Організація навчальної комунікації в персоналізованому режимі, з використанням цифрових засобів (наприклад, компонентів публічної та корпоративної хмари закладу, сервісів телекомунікаційних конференцій, освітніх інформаційних мереж);
- Підтримка індивідуальних та групових форм навчальної діяльності (аудиторної та позааудиторної) з використанням хмарних сервісів (наприклад, Office 365, G Suite for Education, FaceTime, Google Duo, Hangouts та ін.);
- Використання у навчанні сервісів та систем штучного інтелекту, що пройшли апробацію в різних освітніх та соціокультурних середовищах і зараз широко використовуються у світі (наприклад, Century, Enlearn, GoGuardian);

- Використання у навчанні засобів AR/VR для візуалізації абстракцій, експериментів, будь-яких об'єктів і явищ (до прикладу, ClassVR, CoSpaces, BOOKVAR, mozaBook);
- Інтегрування в програми підготовки та підвищення кваліфікації вчителів перспективних технологій: AR/VR, штучного інтелекту, хмарних обчислень;
- Формування єдиного освітнього середовища, зміст якого розробляється і вдосконалюється в процесі навчання.

Проведення навчальних, практичних занять у реалістичних освітніх середовищах, максимально наближених до професійних, підвищує вірогідність того, що професійна адаптація майбутніх фахівців відбуватиметься більш природно і ефективно. Останні технологічні досягнення у поєднанні зі штучним інтелектом створюють потенціал для віртуального «переносу» процесу навчання в реалістичний простір.

В Україні вже здійснюються кроки в напрямі розвитку штучного інтелекту, зокрема в сфері освіти. Так, уряд України у 2020 р. затвердив концепцію розвитку штучного інтелекту в країні, а в 2021 р. уряд затвердив план реалізації концепції розвитку штучного інтелекту в Україні на 2021-2024 роки. Завдання плану полягають в наступному (Уряд України затвердив план, 2021):

- удосконалити правове регулювання штучного інтелекту (ШІ), зокрема в галузях освіти, економіки, суспільного управління, кібербезпеки та оборони;
- поліпшити якість вищої освіти та освітніх програм, спрямованих на підготовку фахівців у сфері ШІ;
- впроваджувати інноваційні проекти із використанням ШІ;
- підвищити рівень інформаційної безпеки та захисту даних в інформаційно-телекомунікаційних системах та ін.

Упровадження зазначеної концепції сприятиме підвищенню конкурентоспроможності України у результаті використання штучного інтелекту в соціально-економічній, науково-технічній, оборонній, екологічній, національно-культурній та інших сферах.

У недалекій перспективі можна очікувати, що імерсивні технології, технології штучного інтелекту, спрямовані на персоналізацію і адаптивність, революціонізують спосіб навчання як окремих осіб (індивідуальна освітня траєкторія), так і груп, колективів, покращуючи як освітній процес, так і групову взаємодію. Їх упровадження сприятиме ширшому доступу до перспективних цифрових технологій, розширюючи частку дослідницького підходу в освіті та покращуючи якість освітніх послуг.

Розвиток освітніх середовищ з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів сприятимуть модернізації науково-освітнього процесу в закладах вищої педагогічної, післядипломної педагогічної освіти, ефективності впровадження в освітній процес імерсивних технологій, інструментів і сервісів хмарних обчислень, систем з елементами штучного інтелекту, підвищенню якості підготовки вчителів, зростанню рівня їх цифрової компетентності.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

В умовах глобалізації, євроінтеграції, прискореної цифрової трансформації багатьох сфер людської діяльності постає необхідність розбудови конкурентоспроможної освітньої сфери України, формування сучасних компетентностей у фахівців, підвищення рівня доступності та якості освіти. Основною відмінністю освітніх систем нового покоління від попередніх автоматизованих засобів навчання, є вищий рівень адаптивності. Це досягається за рахунок організації більш гнучкого та відкритого освітнього середовища з використанням гібридних хмарних рішень, технологій AR/VR з елементами штучного інтелекту, що забезпечують доступ до персоналізованих послуг як індивідуально, так і колективно.

У статті ми розглянули проміжні результати дослідження, спрямованого на розроблення теоретико-методологічних засад проектування відкритого освітнього середовища з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку педагогічних кадрів. Зокрема:

– виокремили тенденції, що нині характеризують перспективні напрями розвитку та використання сучасних технологій персоналізації навчання (розвиток адаптивних хмаро орієнтованих платформ, Big Data, Internet of Things, «доповнених» (віртуальних) агентів, зростання ролі комп'ютерної грамотності та технологічної культури для всіх учасників освітнього процесу і т.ін.);

– визначили основні перспективні цифрові технології, доцільні для використання в професійному розвитку вчителів (хмарні обчислення, імерсивні технології, технології з елементами штучного інтелекту);

– визначили передумови для досягнення ефективності використання AR/VR, у т.ч. з елементами штучного інтелекту: забезпеченість гаджетами, необхідним програмним забезпеченням, сформованість первинних навичок використання тощо;

– надали рекомендації щодо напрямів використання сучасних перспективних технологій, у т.ч. з елементами штучного інтелекту, для професійного розвитку вчителів.

Актуальними залишаються завдання науково-методичного забезпечення цифровізації підвищення кваліфікації вчителів, запровадження відкритих, віртуальних персоналізованих освітніх середовищ закладів вищої педагогічної та післядипломної педагогічної освіти, у т.ч. з елементами штучного інтелекту для побудови індивідуальних траєкторій безперервного навчання впродовж життя.

Отже, проблема проектування освітнього середовища з елементами штучного інтелекту для професійного розвитку вчителів наразі потребує подальших досліджень. Доцільно продовжити пошук в напрямі розроблення відповідних моделей і методик проектування та використання освітнього середовища з елементами штучного інтелекту. Впровадження в освітнє середовище цифрових технологій з елементами штучного інтелекту вважаємо перспективним напрямом покращення підготовки педагогічних кадрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Візнюк, І., Буглай, Н., Куцак, Л., Поліщук, А., & Киливник, В. (2021). Використання штучного інтелекту в освіті. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методи навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 59, 14–22. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2021-59-14-22>.
2. Коваленко, В., Литвинова, С., Мар'єнко, М., Шишкіна, М. (2020). Хмаро орієнтовані системи відкритої науки у навчанні і професійному розвитку вчителів: зміст основних понять дослідження. *Фізико-математична освіта*, 3 (25), 67–74. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-025-3-028>.
3. Концепція цифрової трансформації освіти і науки (2021). <http://surl.li/byvla>.
4. Кремень, В. Г. (ред.). (2022). *Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи*. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>
5. Литвинова, С., Буров, О., & Семеріков, С. (2021). Концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методи навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, 55, 46–62. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-46-62>.
6. Мар'єнко, М., Носенко, Ю., Шишкіна, М. (2021). Засоби і сервіси європейської хмари відкритої науки для підтримки науково-освітньої діяльності. *Фізико-математична освіта*, 31 (5), 60–66. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-009>.
7. Маркова, О. М., Семеріков, С. О., Стрюк, А. М. (2015). Хмарні технології навчання: витоки. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 46 (2), 29–44. <https://doi.org/10.33407/itlt.v46i2.1234>.
8. Носенко, Ю. Г. (2018). Адаптивні системи навчання: сутність, характеристика, стан використання у вітчизняних закладах педагогічної освіти. *Фізико-математична освіта*, 17(3), 73–78. https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2018-v3-17/2018_3-17-Nosenko_FMO.pdf
9. Сороко, Н. В., Пінчук, О. П., & Литвинова, С. Г. (ред.). (2021). Імерсивні технології в освіті (с. 36–38). ІТЗН НАПН України. <https://lib.iitta.gov.ua/727353/>
10. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2021–2031 роки. 2020. <http://surl.li/mpqh>.
11. Уряд України затвердив план реалізації концепції розвитку штучного інтелекту. 2021. <https://ua.interfax.com.ua/news/telecom/743393.html>
12. Bilan, Yu., Mishchuk, H., Roshchuk, I., & Kmečova, I. (2020). Analysis of Intellectual Potential and its Impact on the Social and Economic Development of European Countries. *Journal of Competitiveness*, 1, 22–38. <https://doi.org/10.7441/joc.2020.01.02>.
13. Bykov, V., Mikulowski, D., Moravcik, O., Svetsky, S., & Shyshkina, M. (2020). The Use of the Cloud-Based Open Learning and Research Platform for Collaboration in Virtual Teams. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 76 (2), 304–320. <https://doi.org/10.33407/itlt.v76i2.3706>.
14. Hasan, R. B., Aziz F. B., Mutaleb H. A., & Umar Z. (2017). Virtual reality as an industrial training tool: a review. *Journal of Advanced Review on Scientific Research*, 29 (1), 20–26. https://www.akademiarbaru.com/doc/ARSRV29_N1_P20_26.pdf.
15. Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active Learning Augmented Reality for STEAM Education – A Case Study. *Educ. Sci.* 10 (8), 198. <https://doi.org/10.3390/educsci10080198>.
16. Jianlong, Z. & Fang, C. (2018). *Human and Machine Learning. Visible, Explainable, Trustworthy and Transparent*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90403-0>.
17. Madathil, K. et al. (2017). An Empirical Study Investigating the Effectiveness of Integrating Virtual Reality-based Case Studies into an Online Asynchronous Learning Environment. *Computers in Education Journal*, 8 (3), 1–10. <https://coed.asee.org/wp-content/uploads/2020/08/7-An-Empirical-Study-Investigating-the-Effectiveness-of-Integrating-Virtual-Reality-based-Case-Studies-into-an-Online-Asynchronous-Learning-Environment.pdf>.
18. Osetskiy, V., Vitrenko, A., Tatomyr, I., Bilan, S., & Hirnyk, Ye. (2021). Artificial intelligence application in education: financial implications and prospects. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 2 (33), 574–584. <https://doi.org/10.18371/fcaptp.v2i33.2072463>.
19. Pellas, et al. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17 (4), 748–761.
20. Popenici, S. & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 24, 2–13. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>.
21. Ro, Young, Brem, A., & Rauschnabel, Ph. (2017). Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Concepts and Impact on Firm Value Creation. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64027-3_12.
22. Soroško, N. (2021). Функції доповненої реальності для підтримки STEAM освіти в закладах загальної освіти. *Фізико-математична освіта*, 29(3), 24–30. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-004>.
23. Tuomi, I., Marcelino, C., Riina, V. & Yves, P. (2018). *The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/12297>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Viznyuk, I., Buhlai, N., Kutsak, L., Polishchuk, A., & Kylyvnyk, V. (2021). Use of Artificial Intelligence in Education. *Modern Informational Technologies and Innovative Methods in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems*, 59, 14–22. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2021-59-14-22>.
2. Kovalenko, V., Lytvynova, S., Marienko, M., & Shyshkina, M. (2020). Cloud oriented systems of open science in teacher teaching and professional development: contents of the basic concepts of research. *Physical and Mathematical Education*, 25 (3), 67–74. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-025-3-028>.
3. The concept of digital transformation of education and science (2021). <http://surl.li/byvla>.
4. Kremen, V. H. (edit.). (2022). *Scientific and methodological support for digitalization of education in Ukraine: state, problems, prospects*. <https://doi.org/10.37472/v.naes.2022.4223>
5. Lytvynova, S., Burrov, O., & Semerikov, S. (2021). Conceptual Approaches to the Use of Augmented Reality Means within the Educational Process. *Modern information technologies and innovative teaching methods in training specialists: methodology, theory, experience, problems*, 55, 46–62. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-46-62>.
6. Marienko, M., Nosenko, Yu., & Shyshkina, M. (2021). Tools and services of the european open science cloud in order to support scientific and educational activities. *Physical and Mathematical Education*, 31 (5), 60–66. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-031-5-009>.
7. Markova, O. M., Semerikov, S. O., & Striuk, A. M. (2015). The Cloud Technologies of Learning: Origin. *Information Technologies and Learning Tools*, 46 (2), 29–44. <https://doi.org/10.33407/itlt.v46i2.1234>.
8. Nosenko, Yu. (2018). Adaptive Learning Systems: the Essence, Features, State of Use in Ukrainian Institutions of Pedagogical Education. *Physical and Mathematical Education*, 17(3), 73–78. https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2018-v3-17/2018_3-17-Nosenko_FMO.pdf.

9. Soroko, N., Pinchuk, O. & Lytvynova, S. (edit.). (2021). Immersive Technologies in Education (p. 36–38). IITLT NAES of Ukraine. <https://lib.iitta.gov.ua/727353/>.
10. Strategy for the Development of Higher Education in Ukraine for 2021–2031. 2020. <http://surl.li/mpmq>.
11. The Government of Ukraine has approved the implementation plan for the development of artificial intelligence. 2021. <https://ua.interfax.com.ua/news/telecom/743393.html>.
12. Bilan, Yu., Mishchuk, H., Roshchuk, I., & Kmecova, I. (2020). Analysis of Intellectual Potential and its Impact on the Social and Economic Development of European Countries. *Journal of Competitiveness*, 1, 22–38. <https://doi.org/10.7441/joc.2020.01.02>.
13. Bykov, V., Mikulowski, D., Moravcik, O., Svetsky, S., & Shyshkina, M. (2020). The Use of the Cloud-Based Open Learning and Research Platform for Collaboration in Virtual Teams. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 76 (2), 304–320. <https://doi.org/10.33407/itlt.v76i2.3706>.
14. Hasan, R. B., Aziz F. B., Mutaleb H. A., & Umar Z. (2017). Virtual reality as an industrial training tool: a review. *Journal of Advanced Review on Scientific Research*, 29 (1), 20–26. https://www.akademiabaru.com/doc/ARSRV29_N1_P20_26.pdf.
15. Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active Learning Augmented Reality for STEAM Education – A Case Study. *Educ. Sci.* 10 (8), 198. <https://doi.org/10.3390/educsci10080198>.
16. Jianlong, Z. & Fang, C. (2018). *Human and Machine Learning. Visible, Explainable, Trustworthy and Transparent*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90403-0>.
17. Madathil, K. et al. (2017). An Empirical Study Investigating the Effectiveness of Integrating Virtual Reality-based Case Studies into an Online Asynchronous Learning Environment. *Computers in Education Journal*, 8 (3), 1–10. <https://coed.asee.org/wp-content/uploads/2020/08/7-An-Empirical-Study-Investigating-the-Effectiveness-of-Integrating-Virtual-Reality-based-Case-Studies-into-an-Online-Asynchronous-Learning-Environment.pdf>.
18. Osetskiy, V., Vitrenko, A., Tatomyr, I., Bilan, S., & Hirnyk, Ye. (2021). Artificial intelligence application in education: financial implications and prospects. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 2 (33), 574–584. <https://doi.org/10.18371/fcaptop.v2i33.2072463>.
19. Pellas, et al. (2020). A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17 (4), 748–761.
20. Popenici, S. & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 24, 2–13. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>.
21. Ro, Young, Brem, A., & Rauschnabel, Ph. (2017). Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Concepts and Impact on Firm Value Creation. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64027-3_12.
22. Soroko, N. (2021). The augmented reality functions to support the STEAM education at general education institutions. *Fizyko-matematyczna osvita*, 29(3), 24–30. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-004>.
23. Tuomi, I., Marcelino, C., Riina, V. & Yves, P. (2018). *The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/12297>.

