

УДК 37:04:004

Литвинова Світлана Григорівна

доктор педагогічних наук, старша наукова співробітниця
Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-5450-6635
s.h.lytvynova@gmail.com

Соколюк Олександра Миколаївна

кандидат педагогічних наук, старша наукова співробітниця
Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-5963-760X
sokolyuk62@gmail.com

КРИТЕРІЇ ТА ПОКАЗНИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНІХ ОБ'ЄКТІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ПІДРУЧНИКАХ ФІЗИКИ

Анотація. Наслідки широкомасштабної пандемії Covid-19 підняли на поверхню проблему відсутності цифрового освітнього контенту з природничих дисциплін для забезпечення неперервності навчання та підтримування якості освітнього процесу на належному рівні за дистанційною формою навчання. ІТ-індустрія, що опікується цифровим освітнім контентом, зробила перші кроки щодо удосконалення візуалізації освітнього змісту на сторінках підручників і наповнила їх об'єктами доповненої реальності (AR).

У статті окреслено проблеми навчання учнів природничих дисциплін у закладах загальної середньої освіти, зокрема низької зацікавленості у вивченні предмету «Фізика». Запропоновано шляхи підвищення активізації навчальної діяльності учнів за допомогою новітніх цифрових технологій, а саме доповненої реальності. Визначено основні напрями дослідження доповненої реальності в освіті, а саме: використання доповненої реальності в освітньому процесі, професійній підготовці та перепідготовці кадрів, соціальні та технічні проблеми, теоретико-методичні засади, розроблення інструментарію для забезпечення віртуалізації навчання, проєктування освітнього середовища та гейміфікація навчання з використанням доповненої реальності. Описано засоби та програмне забезпечення для відтворення AR з фізики для 8-11 класів закладів загальної середньої освіти. Під час аналізу 160 об'єктів AR виявлено низку проблем, що знижують їх якість. Авторами обґрунтовано критеріально-показникову матрицю визначення якості об'єктів AR, що містять такі основні критерії, як-от: техніко-технологічний, візуально-динамічний, змістово-методичний та десять показників. Запропоновано якість об'єктів AR визначати за чотирма рівнями відповідності: не задовольняють вимогам, потребують ґрунтового доопрацювання, потребують незначного доопрацювання, відповідають вимогам якості. Перспективними є дослідження щодо визначення ставлення вчителів та учнів закладів загальної середньої освіти до впровадження технології AR в освітню практику.

Ключові слова: критерії; показники; оцінювання якості; об'єкти доповненої реальності; освітнє середовище; цифровізація освіти; цифровий контент.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Широкомасштабна пандемія, спричинена Covid-19, підтвердила актуальність та необхідність цифрової трансформації сфери освіти як нового виклику суспільству. Тому розвиток системи освіти у напрямі інтенсивного впровадження інформаційних технологій є спільним пріоритетом Міністерства освіти і науки України, бізнесу та педагогічної спільноти.

Незважаючи на те, що Україна може стати найпотужнішим ІТ-хабом у центральній та східній частинах Європи, наразі спостерігається дефіцит ІК-компетентних педагогічних кадрів, на яких покладено підготовку конкурентоспроможних випускників.

Нині найбільше нарікань ми чуємо і прослідковуємо статистично на підготовку випускників закладів загальної середньої освіти, зокрема акцент робиться на проблемах, пов'язаних з якістю викладання предметів природничо-математичного циклу.

За результатами ЗНО 2018-2021 рр., відсоток учнів, які обрали предмет “Фізика” і подолали поріг, не перевищує 5,4%, тоді як інтерес до предмету “Математика” збільшився і спостерігається позитивна тенденція щодо подолання порогового балу з 35% до 43%, що дає підстави стверджувати про проблеми в підготовці учнів з природничих наук, зокрема фізики, і тому незначному інтересі в їх вивченні.

Слабка матеріально-технічна база закладів загальної середньої освіти, складність змісту предмета для розуміння і засвоєння учнями процесів живої та неживої природи без достатньої кількості дослідів, експериментів та наочностей знижує інтерес учнів до предмету “Фізика”. До того ж перспективи з працевлаштуванням за цією спеціальністю не є варіативними. На порталі www.work.ua ми знайшли такі можливі вакансії – це робота вчителем в закладах загальної середньої освіти або робота лаборантом у закладах вищої освіти.

На популяризацію, підвищення інтересу учнів до цього предмету мають надихати досягнення вчених у сучасних дослідженнях фізичних явищ, інноваційні проекти, зокрема експерименти в адронному колайдері, великі дані, отримані в результаті дослідження космосу, явища, виявлені в глибинах океану та ін.

Вирішенням цієї проблеми в загальній середній освіті на етапі формування предметних компетентностей можуть стати інноваційні цифрові технології, що унаочнять зміст освітньої складової предмету “Фізика”, нададуть можливість учням детальніше ознайомитися з процесами живої і неживої природи та спостерігати за експериментами зі сторінок підручника за допомогою технології доповненої реальності (AR).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток, удосконалення та спрощення технологій реалізації доповненої реальності дали можливість модернізувати освітню наочність та вдосконалити цифровий освітній контент. Аналіз 87 вітчизняних наукових праць дав можливість виокремити основні напрями досліджень та наукові інтереси як учених, так і педагогів, а саме: теоретико-методичні засади використання доповненої реальності в освітньому процесі, доповнена реальність у професійній підготовці та перепідготовці кадрів, соціальні та технічні проблеми впровадження доповненої реальності в освітню практику, дослідження, пов'язані з визначенням принципів, технологій та інструментів для забезпечення віртуалізації навчання, проектування освітнього середовища та гейміфікація навчання з використанням доповненої реальності.

За останні три роки інтерес учених був зосереджений на дослідженні питань використання доповненої реальності під час вивчення фізики (Т. В. Грунтова, Ю. В. Єчкало) [1], астрономії (С. Л. Мальченко, Д. В. Миколук) [2], хімії (П. П. Нечипоренко, Т. В. Старова) [3], геометрії (Н. В. Рашевська, С. О. Семеріков) [4] та забезпечення STEM-освіти (Т. В. Крамаренко, О. С. Пилипенко) [5]. У публікаціях виявлено інтерес педагогів до добору інструментів для використання вільно поширених та створення власних об'єктів AR (Н. В. Осипова, В. І. Таточенко) [6]. Значний внесок у розкриття питання зроблено вченими Л.Ф. Панченко, Т. А. Вакалюк та К. В. Власенко [7], які зосередили увагу на концепції створення доповненої реальності та типологізації об'єктів. Досвід використання AR у квест-іграх для профорієнтації описали О. В. Прохоров та В. О. Лисовиченко [8].

С. Кідд і Х. Кромптон розкриваються філософські, педагогічні та концептуальні основи навчання з AR, описуються деякі поширені способи використання технології, надаються рекомендації та прогнозуються майбутні освітні наслідки [9].

Є. Груберт (Університет Пассау, Німеччина), Т. Ланглоц (Університет Отаго, Нова Зеландія); С. Золман (Компанія-розробник програмного забезпечення Animation Research Ltd., Нова Зеландія), Х. Регенбрехт (Університет Отаго, Нова Зеландія) зазначають, що хоча більшість додатків AR використовується лише для одного конкретного завдання, поточні та майбутні сценарії можуть забезпечити неперервний розвиток досвіду користувача та досягнення багатьох цілей, зокрема освітніх [10].

Н. Петерсенак і Д. Штрікераб обґрунтували підхід до створення контенту доповненої реальності для процедурних завдань на основі відеоприкладів, і надали детальну інформацію про використання такого контенту. Вони зауважили, що такий підхід може набути широкомасштабного впровадження і стати одним з основних з практичної точки зору [11].

Т. Олссон та інші вчені з Технологічного університету (Тампере, Фінляндія) провели онлайн опитування 260 респондентів для оцінювання сприйняття, розуміння потенціалу та ризиків використання об'єктів AR. На думку респондентів, технології необхідні в повсякденному житті кожної сучасної людини. Було встановлено, що рівень технологічної підготовки респондентів значно впливає на загальне позитивне сприйняття об'єктів AR, зокрема на підвищення розуміння оточуючого світу, об'єктів у ньому та підтримку діяльності в різних галузях та спільнотах, зокрема в освіті [12].

Б. Діас, Б. Келлер та С. Делабрида (Федеральний університет Ору-Прету, Бразилія) стверджують, що використання AR в освіті спрямоване на покращення існуючих методологій навчання. У даний час існує кілька платформ для розроблення AR, що підходять для використання в освітньому процесі. У дослідженні вчених оцінювалась точність виявлення маркерів з різними характеристиками та було встановлено, що Vuforia та EasyAR є найкращим вибором для освітньої галузі [13].

Учені О. Ю. Буров, Є. П. Попечітелєв [14] звертають увагу на важливості проєктування середовища для навчання, зокрема синтетичного, з урахуванням потреб того, хто навчається, а група вчених О. В. Канівець, І. М. Канівець, Н. В. Кононец, Т. М. Горда [15] наголошують на необхідності створення тематичних мобільних додатків AR для мобільних пристроїв, що забезпечить широке впровадження технології в освітню практику.

Незважаючи на значну низку наукових праць, ґрунтового аналізу, визначення критеріїв і показників якості об'єктів AR ученими зроблено не було. Це вказує на актуальність і важливість даного дослідження.

Метою статті є обґрунтування критеріїв і показників якості об'єктів AR у підручниках з фізики для закладів загальної середньої освіти.

Методи дослідження. Під час дослідження використовувались методи аналізу педагогічної і методичної літератури, дисертаційних досліджень, наукових статей вітчизняних та закордонних авторів; системного аналізу, синтезу, експертного оцінювання для визначення критеріїв, показників та індикаторів оцінювання якості об'єктів доповненої реальності в підручниках, посібниках та робочих зошитах; індивідуальні бесіди з педагогами та експертами, а також моделювання критеріально-показникової моделі оцінювання якості об'єктів AR.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Можливості AR для освіти безмежні і можуть принести багато переваг у навчанні учнів різного віку. Мало хто створює цифровий контент, який може бути використаний

в освітніх цілях, тоді як більшість досягнень робиться в індустрії розваг, але багато хто розуміє тенденції розвитку мобільного навчання і важливість AR для освіти [16], [17], [18].

На думку Є. Курілова, технічний аспект – архітектура мобільних додатків з AR є забезпеченням загальних критеріїв внутрішньої якості, а графічний інтерфейс користувача та інші є налаштовуваними критеріями оцінки якості використання AR [16].

У нашому дослідженні ми спираємось на потреби системи освіти і робимо акцент на забезпеченні якості використання об'єктів AR, що має сприяти підвищенню якості процесу навчання та активізації пізнавальної діяльності учнів.

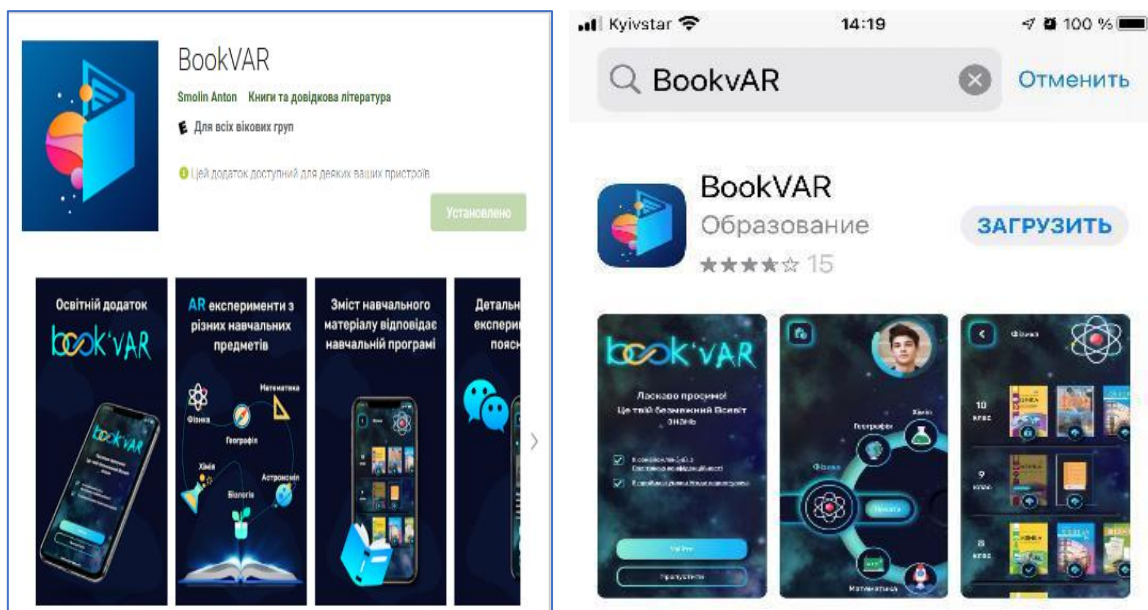
У 2021 році Інституту цифровізації освіти НАПН України некомерційним підприємством виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) КНП «Освітня агенція міста Києва» (ОАК) (<https://monitoring.in.ua/advice/>), у межах договору про співпрацю, було надано для проведення експертизи програмне забезпечення з об'єктами доповненої реальності до підручників 8 класу – 42 об'єкти; до підручників 9 класу – 40 об'єктів; до підручників 10 класу – 40 об'єктів; до підручників 11 класу – 40 об'єктів (за редакцією: В. Г. Бар'яхтар, С.О. Довгого та автора В. Д. Сиротюк) та два планшети Samsung Tab A7 з діагоналлю екрана 10.4", ОП – 3 ГБ, вбудованою пам'яттю – 32 ГБ, Wi-Fi, ОС – Android 10.0, кількістю ядер – 8, процесором Qualcomm Snapdragon 662 (2.0 ГГц + 1.8 ГГц), роздільною здатністю екрана 2000x1200, основною камерою – 8 Мп. Зазначимо, що проєкт КНП «Освітня агенція міста Києва» реалізує ідею AR-підтримку друкованих підручників з предметів фізика, хімія, біологія та географія у короткостроковій перспективі, а в довгостроковій – планується підтримка інших предметів.

Алгоритм використання об'єктів AR учителями та учнями під час вивчення природничих предметів має такі етапи: добір мобільного пристрою, встановлення програмного забезпечення (мобільного додатка), автентифікація користувача (введення пароля, прив'язка до мобільного пристрою, конкретного учня та ін. Зазначимо, що для закладів загальної середньої освіти автентифікація користувача має відбуватися на рівні кожного класу, що дасть можливість учителям забезпечити виконання ліцензійних умов, що надаються розробниками. Далі передбачено завантаження цифрового додатка, що відповідає конкретному підручнику; має бути доступним загальний перелік об'єктів AR із зазначенням сторінок у підручнику і назвою тем (створюється на рівні ПЗ), і тільки після цих процедур може бути запланована і здійснена освітня практика (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм використання об'єктів AR в освітньому процесі

Робота з об'єктами доповненої реальності розпочинається після встановлення авторського програмного забезпечення «BookvAR», завантаженого з Play Market або App Store на планшет або на мобільний телефон (рис. 2).

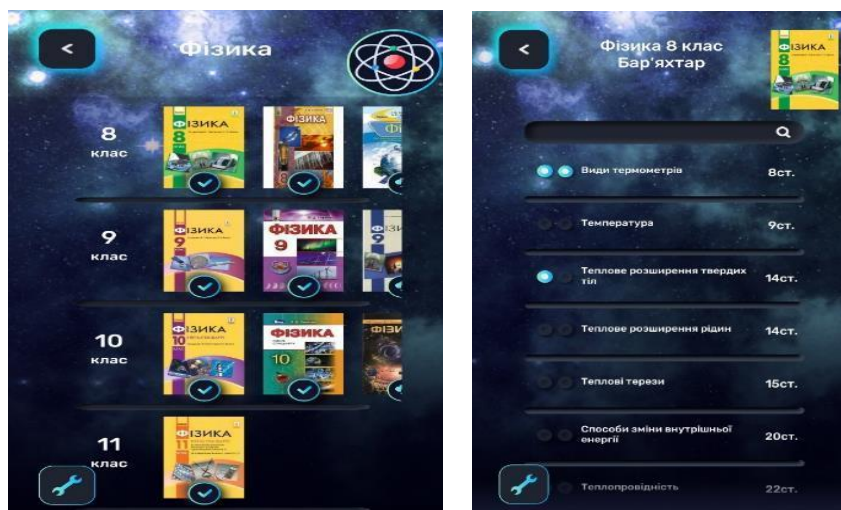


а) Play Market

б) App Store

Рис. 2. Завантаження програмного забезпечення «BookvAR»

На екрані мобільного пристрою відображаються піктограми підручників з фізики (8-11 класів) для учнів закладів загальної середньої освіти та перелік об'єктів доповненої реальності із зазначенням сторінок в підручниках, що забезпечує простий пошук та планування уроку як для вчителя, так і використання учнями.



а) Піктограми підручників

б) Зміст практичних робіт

Рис. 3. Організація доступу до освітніх об'єктів AR

Завантаження і відтворення об'єктів доповненої реальності відбувається легко під час наведення мобільного пристрою (планшета або мобільного телефону) на об'єкт (малюнок). Запропоновані авторами об'єкти доповненої реальності забезпечують візуалізацію процесів та дослідів і надають учням реальне уявлення про те, що зображено на статичних малюнках й написано в тексті підручника (рис. 3).

Об'єкти доповненої реальності виконані у вигляді графічної анімації високої якості та чіткості. Кольори в анімації в основному відповідають кольоровій гаммі об'єктів живої та неживої природи.

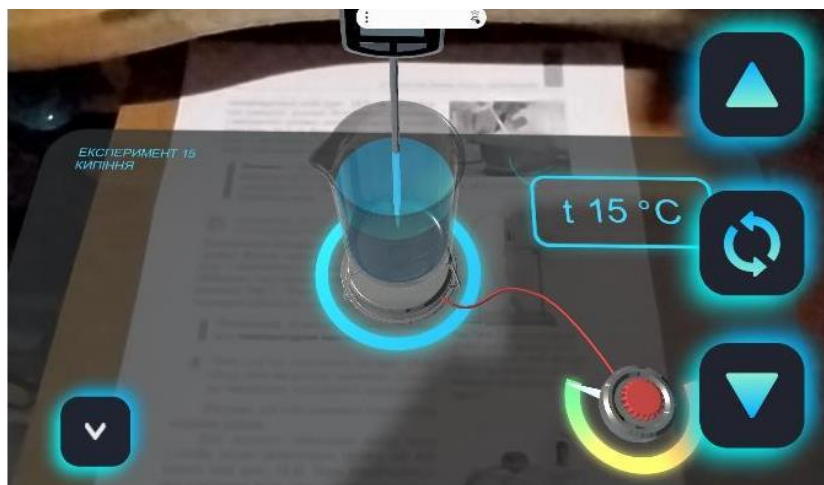


Рис. 4. Відтворення освітніх об'єктів AR

Авторами розроблено три варіанти відтворення об'єктів доповненої реальності: без звукового супроводу-пояснення, з поясненням та передбачено тест, що забезпечує формувальне оцінювання розуміння теми навчання і процесів, що вивчаються (рис. 4).

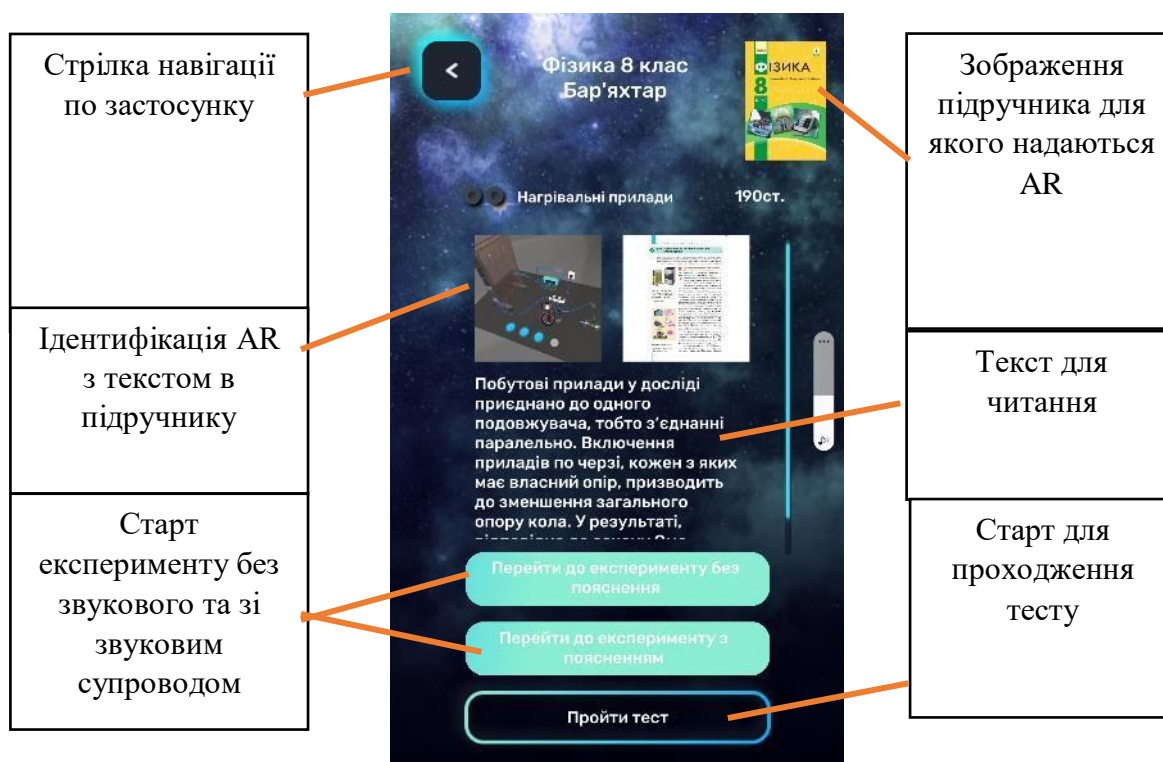


Рис. 5. Сторінка користувача для роботи з AR

З метою впровадження і активного використання в ЗЗСО підручників, посібників, робочих зошитів з об'єктами AR необхідно надавати в додатках до них рекомендації щодо базових характеристик засобів навчання, вимоги до таких мобільних пристроїв,

як-от планшети, мобільні телефони, надавати чіткі покрокові інструкції із встановлення програмного забезпечення, окреслювати вимоги щодо версійності ОС (Android та iOS), процедури підключення до Wi-Fi, введення і перевірки паролів, зокрема 16-значних, що є ключовим під час перших кроків використання AR, розмірів екрана мобільних пристроїв, надавати посилання на санітарно-гігієнічні норми щодо тривалості використання AR під час навчання, уточнювати потребу в наявності електронної скриньки (наприклад, Gmail) для реєстрації та отримання облікового запису користувача. Необхідно зазначити і звернути увагу користувачів на такі важливі речі, як наявність доступного вільного місця на мобільному пристрої (не менше 1 ГБ) та необхідність підключення пристрою до мобільної мережі без тарифікації трафіка.

Під час експертизи було виявлено низку проблем, що знижують якість освітніх об'єктів AR та які повинні бути враховані при їх проектуванні і створенні, зокрема:

- розробникам мають дотримуватись класичних, науково обґрунтованих підходів до демонстрації дослідів, процесів;
- процес відтворення об'єкту AR, зокрема процеси, досліді мають бути послідовними, логічними;
- об'єкти AR мають відтворюватися в межах екрана мобільного пристрою;
- користувач має спостерігати відтворений об'єкт AR під різним кутом нахилу мобільного пристрою, об'єкт не має зникати з екрана;
- розмір відтворюваного об'єкту має адаптуватися до розміру екрана мобільного пристрою;
- швидкість відтворення не має бути занадто швидкою і занадто повільною;
- звуковий супровід об'єкта має розкривати або деталізувати зміст малюнка (зображення, процесу, досліді);
- необхідно передбачити відтворення текстового зображення на екрані мобільного пристрою, оскільки звукове відтворення формул погано сприймається на слух;
- текст і написи мають бути чіткими і «читабельними»;
- зображення об'єктів має ідентифікуватися з реальними та ін.

Аналізуючи результати, отримані вченими Інституту цифровізації освіти НАПН України, була розроблена критеріально-показникова матриця визначення якості освітніх об'єктів AR, що містить критерії, показники та вагові коефіцієнти. Авторським колективом було деталізовано показники як систему індикаторів (табл. 1).

Таблиця 1

Критеріально-показникова матриця визначення якості освітніх об'єктів AR

№	Критерії	Показники	Ваговий коефіцієнт
1	К ₁ . Техніко-технологічний	Р ₁ . Встановлення ПЗ на мобільні пристрої	Q ₁
		Р ₂ . Особливості ПЗ	Q ₂
		Р ₃ . Контакти	Q ₃
2	К ₂ . Візуально-динамічний	Р ₄ . Зображення	Q ₄
		Р ₅ . Кольорова гама	Q ₅
		Р ₆ . Процес відтворення анімації	Q ₆
		Р ₇ . Процес відтворення звуку	Q ₇
3	К ₃ . Змістово-методичний	Р ₈ . Змістовий	Q ₈
		Р ₉ . Методичний	Q ₉
		Р ₁₀ . Дидактичні функції	Q ₁₀

Термін «критерій» походить від лат. *critērium* і в сучасному словнику іншомовних слів визначається як засіб судження, ознака, на основі якої відбувається оцінювання, визначення, класифікація чого-небудь; мірило [19]. Термін «показник» українського

походження і в словнику української мови визначається як свідчення, доказ чого-небудь (<http://sum.in.ua/s/pokaznyk>). Для визначення різних варіантів прояву показника було застосовано термін «індикатор». З огляду на це в таблицях 2-4 були обґрунтовані показники та індикатори якості освітніх об'єктів AR.

Для організації експертного оцінювання розроблених показників були залучені 12 вітчизняних учених, які працюють над дослідженням питань проєктування і використання доповненої та віртуальної реальностей та мають публікації в журналах, що індексуються наукометричною базою Scopus, зокрема вчені з Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Державної установи «ІГНС НАН України», Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського, Криворізького державного педагогічного університету, Харківського національного педагогічного університету ім. Г. С. Сковороди та ін.

За результатами анкетування й опрацювання результатів опитування експертів (<https://forms.gle/HPg1EV1rUQzAogoX6>) кожний показник отримав ваговий коефіцієнт: 1) встановлення ПЗ на мобільні пристрої – 0,11; 2) особливості ПЗ – 0,091; 3) контакти – 0,072; 4) зображення – 0,105; 5) кольорова гама – 0,095; 6) процес відтворення анімації – 0,115; 7) процес відтворення звуку – 0,112; 8) змістовий – 0,091; 9) методичний – 0,095; 10) дидактичні функції – 0,095.

Таблиця 2

Критерій 1. Техніко-технологічний

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
1	1.Встановлення ПЗ на мобільні пристрої (Р 1.1)	Покрокові інструкції з встановлення ПЗ на мобільні пристрої	0 – Відсутня 1 – Часткова 2 – Детальна інструкція	0,11
		Процес встановлення ПЗ на мобільні пристрої	1–процес потребує повного підтримання адміністратора 2–процес потребує часткового підтримання адміністратора 3–процес не потребує сторонньої допомоги	
		Версійність ОС для відтворення AR	1– для однієї версії операційної системи 2– для двох версій операційної системи	
		Автентифікація користувача	1–двоетапна автентифікація користувача (комбінації з номером мобільного телефону, електронної пошти чи соціальної мережі, пароль) 2–одноетапна автентифікація користувача (номер мобільного телефону чи електронна пошта чи соціальна мережа, пароль)	
		Додаткові вимоги для встановлення ПЗ на мобільні пристрої	1-Додаток потребує прав суперкористувача 2-Додаток наявний у маркетах (репозитаріях ОС) 3-Додаткові вимоги відсутні	
2.Особливості ПЗ (Р 1.2)	Додаткові повідомлення в ПЗ	1– ПЗ має додаткові повідомлення мотивації користувача, зокрема	0,091	

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
			«Молодець», «Добре», «Відмінно» та ін., що не стосуються оцінювання діяльності користувача 2– ПЗ не має додаткових повідомлень мотивації, зокрема «Молодець», «Добре», «Відмінно» та ін., що не стосуються оцінювання діяльності користувача	
		Візуалізація відтворення об'єктів і процесів	1– Авторами не враховано кут відтворення зображення або процесу, нахилу візуалізації об'єктів, не передбачено перегляд об'єкта або процесів під різним кутом нахилу 2– Авторами враховано кут відтворення зображення або процесу, нахилу візуалізації об'єктів, передбачено перегляд об'єкта або процесів під різним кутом нахилу	
		Можливість спільної (мережевої) роботи учнів	0-Спільна робота з AR не передбачена 1-Спільна робота з AR передбачена частково 2-Спільна робота з AR передбачена	
		Збереження результатів роботи	0-Експорт даних у зовнішні формати (відео, зображення, код середовищ розробки VR, AR-додатків) не передбачено 1-Експорт даних у зовнішні формати (відео, зображення, код середовищ розробки VR, AR-додатків) передбачено частково 2-Експорт даних у зовнішні формати (відео, зображення, код середовищ розробки VR, AR-додатків) не передбачено	
	3.Контакти (Р 1.3)	Служба підтримки користувачів	1-наявний телефон гарячої лінії, електронна пошта 2-наявний телефон гарячої лінії, електронна пошта та 1 контакт у соціальній групі або мережі (Viber або Telegram, або WhatsApp або Facebook) 3-наявний телефон гарячої лінії, електронна пошта та не менше 2 контактів у соціальних групах або мережі (Viber, Telegram, WhatsApp, Facebook)	0,072

Таблиця 3

Критерій 2. Візуально-динамічний

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
1	4.Зображення (Р 2.1)	Якість зображення AR	1-Зображення погано візуалізовані, мають певні розмитості 2-Зображення мають деякі неточності, абстрактні 3-Зображення високої якості	0,105

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
		Розмір об'єктів AR	1-Розмір об'єктів зображення не достатній для візуалізації об'єктів, процесів 2-Розмір об'єктів зображення дещо замалий для візуалізації об'єктів, процесів 3-Розмір об'єктів зображення достатній для візуалізації об'єктів, процесів	
		Відповідність візуалізації AR реальним об'єктам живої і неживої природи	1-Об'єкти візуально не схожі на реальні об'єкти живої і неживої природи 2-Об'єкти візуально частково схожі на реальні об'єкти живої і неживої природи 3-Об'єкти візуально ідентичні реальним об'єктам живої і неживої природи	
		Якість відтворення зображень AR	1-зображення постійно зміщуються й зависають 2-зображення періодично зміщуються й зависають 3-зображення не зміщуються і не зависають	
2	5.Кольорова гама (Р 2.2)	Відповідність гаммі об'єктів живої і неживої природи	1-Не відповідає гаммі об'єктів живої і неживої природи 2-Частково відповідає гаммі об'єктів живої і неживої природи 3-Відповідає гаммі об'єктів живої і неживої природи	0,095
3	6.Процес відтворення анімації (Р 2.3)	Процедура відтворення AR	1-Відбувається зразу ж при наведенні мобільного пристрою на об'єкт 2-Відбувається за допомогою додаткових кнопок/режимів	0,115
		Динамічність відтворення AR	1-Передбачено призупинення процесу відтворення, 2-Вбудовано програвач	
		Динамічність відтворення звуку	1-Відбувається одночасна візуалізація всього процесу 2-Процес відбувається динамічно з логічною послідовністю	
4	7.Процес відтворення звуку (Р 2.4)	Процедура відтворення звуку	1-Відбувається за допомогою додаткових кнопок/режимів, 2-Відбувається зразу ж з відтворенням зображення/анімації	0,112
		Динамічність відтворення звуку	1-Передбачено призупинення процесу відтворення звуку, 2-Вбудовано програвач	
		Синхронізація звуку (пояснення) зі спостереженням, експериментом	1-Не синхронізовано звук (пояснення) зі спостереженням, експериментом 2-Частково синхронізовано звук (пояснення) зі спостереженням, експериментом 3- Повністю синхронізовано звук (пояснення) зі спостереженням, експериментом	

Таблиця 4

Критерій 3. Змістово-методичний

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
1	8.Змістовий (Р 3.1)	Відповідність освітнім програмам та змісту навчання предмета	1-Не відповідає освітнім програмам з предмета, змісту навчання предмета 2-Частково відповідає освітнім програмам з предмета, змісту навчання предмета 3-Повністю відповідає освітнім програмам з предмета, змісту навчання предмета	0,091
		Використання науково обґрунтованих понять та термінології	1-Автори не дотримуються науково обґрунтованих понять та термінології 2-Автори дотримуються та використовують науково обґрунтовані поняття та термінологію	
2	9.Методичний (Р 3.2)	Доповнює і розкриває зміст навчання, тему навчання предмета	1-Не доповнює зміст, просто візуалізує об'єкти вивчення 2-Частково доповнює зміст, візуалізує об'єкти вивчення, додає динаміку руху 3-Повною мірою доповнює зміст навчання, візуалізує об'єкти вивчення, додає динаміку руху, візуалізує процеси живої або неживої природи	0,095
		Відповідає віковим особливостям користувача	1-Не відповідає віковим особливостям користувача 2-Частково відповідає віковим особливостям користувача 3-Повністю відповідає віковим особливостям користувача	
		Ідентифікування AR в підручнику або зошиті	1-Не ідентифікується в підручнику або зошиті 2-Має малюнки заміщення/стікери, частково ідентифікується в підручнику або зошиті 3-Повністю ідентифікується в підручнику або зошиті	
		Закони, формули, правила мають текстове зображення	1-Закони, формули, правила не мають текстового зображення 2-Закони, формули, правила частково відображені в AR 3-Закони, формули, правила мають текстове зображення	
3	10.Дидактичні функції (Р 3.3)	Зв'язок теорії з практикою	1-спостерігається невідповідність теорії і практики 2- спостерігається відповідність теорії і практики	0,115
		Забезпечення контролю знань	0-не передбачено контролю знань 1-передбачено формувальне оцінювання 2- передбачено контроль знань	

Для підрахунку балу – цифрової характеристики якості об'єкта AR - скористаємося формулою:

$$\Sigma = P_{1.1} * 0,11 + P_{1.2} * 0,091 + P_{1.3} * 0,072 + P_{2.1} * 0,105 + P_{2.2} * 0,095 + P_{2.3} * 0,115 + P_{2.4} * 0,112 + P_{3.1} * 0,091 + P_{3.2} * 0,095 + P_{3.3} * 0,115.$$

Якість об'єктів доповненої реальності визначає чотири рівні відповідності вимогам: не задовольняють вимогам, потребують ґрунтового доопрацювання, потребують незначного доопрацювання, відповідають вимогам якості.

Аналізуючи сумарний показник Σ - бал, можна визначити відповідність вимогам:

- від 2,5 до 3,3 бала – не задовольняють вимогам якості;
- від 3,4 до 4,4 бала – потребують ґрунтового доопрацювання;
- від 4,5 до 5,9 бала – потребують незначного доопрацювання;
- від 6,0 до 7,3 бала – відповідають вимогам якості.

Якщо кількість балів потрапляє у проміжок від 2,5 до 3,3 бала – це означає, що об'єкти AR не задовольняють вимогам якості мають значну кількість порушень та помилок під час створення, які можна прослідкувати за показниками. Такий об'єкт AR не може використовуватися в закладах загальної середньої освіти. Якщо кількість балів потрапляє у проміжок від від 3,4 до 4,4 бала – це означає, що об'єкти AR потребують ґрунтового доопрацювання, зокрема це може бути позиціонування на поверхні, кут нахилу, кольорова гама або дидактичні неточності та ін. Проміжок балів від 4,5 до 5,9 свідчить про наявність недоліків, які потребують незначного доопрацювання. Якщо об'єкти AR відповідають вимогам якості, вони отримують бали від 6,0 до 7,3.

Розроблений інструментарій дасть можливість авторам підручників, розробникам програмного забезпечення, членам експертних комісій та рад добирати якісний освітній цифровий контент з доповненою реальністю, що, своєю чергою, забезпечить інноваційність навчання, розвиток цифрових компетентностей учителів і учнів та пізнавального інтересу до такого складного та цікавого предмету, як фізика.

3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Враховуючи той факт, що під час пандемії COVID-19 батьки учнів гімназій та ліцеїв забезпечили своїх дітей принаймні смартфонами, за допомогою яких можна відтворювати об'єкти AR, їх використання може суттєво підвищити рівень запам'ятовування інформації за допомогою візуалізації об'єктів та процесів і відтворення їх у 3D-форматі, що дасть можливість сучасному вчителю швидко і зрозуміло пояснити новий теоретичний матеріал, підвищить якість освітнього процесу. Об'єкти доповненої реальності є інноваційним освітнім контентом, відповідають вимогам навчальних програм з фізики для 8-11 класів, можуть слугувати інтерактивними плакатами чи лабораторіями для предмету фізика в гімназіях та ліцеях. Від якості об'єктів AR залежить мотивація і рівень знань учнів, їх розуміння процесів, що відбуваються в природі, та запам'ятовування властивостей об'єктів, які неможливо продемонструвати в класі. Застосування зазначених технологій може бути використано для підготовки вчителів-предметників природничих дисциплін як у процесі опанування нових технологій, так і для добору якісного освітнього цифрового контенту для здійснення освітньої практики, що потребує дослідження ставлення вчителів та учнів до використання AR в освітньому процесі. Об'єкти доповненої реальності можуть бути використані як додатковий засіб формування в учнів уявлень про експериментальний метод пізнання явищ природи і відпрацювання ними окремих експериментальних умінь. Інтерактивна віртуальна лабораторна робота, що виконується школярами з об'єктами AR, є засобом розширення практики їх підготовки в галузі самостійних експериментальних досліджень. Запропонована авторами показниково-критеріальна

матриця може стати дієвим інструментом під час експертизи інноваційних підручників, насичених об'єктами AR різних видів, а інноваційні підручники можуть вирішити низку освітніх проблем, зокрема: неперервність навчання, реалізацію змішаного та дистанційного навчання, розвиток цифрових компетентностей учителів і учнів, спонукати до розвитку пізнавальних інтересів учнів.

Перспективними напрямками дослідження є апробація критеріїв та показників для оцінювання об'єктів AR з хімії, біології та географії та визначення їх особливостей. Важливим залишається визначення ставлення вчителів та учнів закладів загальної середньої освіти до впровадження технології AR в освітній процес.

ФІНАНСУВАННЯ

Статтю підготовлено в межах виконання наукового дослідження «Критерії та показники оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю» (реєстраційний №0122U001518). Проєкт є переможцем конкурсного відбору на виконання у 2022 р. за рахунок підтримки НАПН України наукових досліджень з проблем розвитку освіти, що потребують невідкладного розгляду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] T. V. Hrunтова, Y. V. Yechkalo, A. M. Striuk, and A. V. Pikilnyak. "Augmented Reality Tools in Physics Training at Higher Technical Educational Institutions", in *Proc. 1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2018, pp. 33-40.
- [2] S. L. Malchenko, D. V. Mykoliuk, and A. E. Kiv. "Using interactive technologies to study the evolution of stars in astronomy classes", in *Proc. 2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019, pp. 145-155.
- [3] P. P. Nechypurenko, T. V. Starova, T. V. Selivanova, A. O. Tomilina, and A. D. Uchitel. "Use of Augmented Reality in Chemistry Education", in *Proc. 1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2018, pp. 15-23.
- [4] N. V. Rashevskaya, S. O. Semerikov, N. O. Zinonos, V. V. Tkachuk, and M. P. Shyshkina. "Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry", in *Proc. 3d International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2020, pp. 79-90.
- [5] T. H. Kramarenko, O. S. Pylypenko, and V. I. Zaselskiy. "Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching", in *Proc. 2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019, pp. 130-144.
- [6] N. V. Osypova, and V. I. Tatochenko. "Improving the learning environment for future mathematics teachers with the use application of the dynamic mathematics system GeoGebra AR", in *Proc. 4th Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2021, pp. 178-196.
- [7] L. F. Panchenko, T. A. Vakaliuk, and K. V. Vlasenko. "Augmented reality books: concepts, typology, tools", in *Proc. 3d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2020, pp. 283-296.
- [8] O. V. Prokhorov, V. O. Lisovichenko, M. S. Mazorchuk, and O. H. Kuzminska. "Developing a 3D quest game for career guidance to estimate students' digital competences", in *Proc. 3d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2020, pp. 312-327.
- [9] S. Kidd, and H. Crompton "Augmented Learning with Augmented Reality", in: Churchill D., Lu J., Chiu T., Fox B. (eds) *Mobile Learning Design. Lecture Notes in Educational Technology*. Springer, Singapore, 2016. doi:10.1007/978-981-10-0027-0_6.
- [10] J. Grubert, T. Langlotz, S. Zollmann, and H. Regenbrecht, "Towards Pervasive Augmented Reality: Context-Awareness in Augmented Reality," in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 23, № 6, pp. 1706-1724. doi: 10.1109/TVCG.2016.2543720.
- [11] N. Petersen, "Didier Strickerab Cognitive Augmented Reality". *Computers & Graphics*, vol. 53, № A, pp. 82-91, 2015. doi:10.1016/j.cag.2015.08.009.
- [12] T. Olsson, T. Karkkainen, E. Lagerstam, and L. Venta-Olkkonen. "User evaluation of mobile augmented reality scenarios", *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 4, no. 1, pp. 29-47, 2012. doi: 10.3233/AIS-2011-0127.
- [13] B. Dias, B. Keller, and S. Delabrida. "Evaluation of augmented reality SDKs for classroom teaching", in *Proc. 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '19)*. Association for Computing Machinery, vol. 28, pp. 1-11, 2019. doi:10.1145/3357155.3358447.

- [14] О. В. Канівець, І. М. Канівець, Н. В. Кононець, та Т. М. Горда. "Розроблення мобільних додатків доповненої реальності для вивчення тривимірних моделей із інженерної графіки", *Інформаційні технології і засоби навчання*, № 79(5), с. 213-228, 2020. doi:10.33407/itlt.v79i5.3217.
- [15] Е. П. Попечителев, и А. Ю. Буров "Синтетическая обучающая среда: особенности проектирования", *Інформаційні технології і засоби навчання*, № 66(4), с. 1-13, 2018. doi:10.33407/itlt.v66i4.2427.
- [16] E. Kurilovas, "Evaluation of quality and personalisation of VR/AR/MR learning systems", *Behaviour & Information Technology*, №11(35), pp. 998-1007, 2016. doi:10.1080/0144929X.2016.1212929.
- [17] С. Г. Литвинова, "Використання засобів і сервісів хмаро орієнтованих систем відкритої науки у процесі навчання і професійного розвитку вчителів: аспект доповненої реальності", *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*, № 2(49), с.97-103, 2021. doi:10.24144/2524-0609.2021.49.97-102
- [18] С. Г. Литвинова, О. Ю. Буров, та С. О. Семеріков, "Концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі", *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*, № 55, с. 46-62, 2020.
- [19] О. П. Семютюк, *Сучасний словник іноземних слів*. Харків:Ранок, 2008. С.320

Матеріал надійшов до редакції 21.01.2022р.

CRITERIA AND INDICATORS FOR ASSESSING THE QUALITY OF EDUCATIONAL OBJECTS OF AUGMENTED REALITY IN PHYSICS TEXTBOOKS

Svitlana H. Lytvynova

Doctor of Pedagogical Sciences, Senior Researcher

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-5450-6635

s.h.lytvynova@gmail.com

Oleksandra M. Sokoliuk

PhD of Pedagogical Sciences, Senior Researcher

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-5963-760X

sokolyuk62@gmail.com

Abstract. The consequences of the large-scale Covid-19 pandemic have raised the problem of the lack of digital educational content in the natural sciences to ensure the continuity of learning and maintain the quality of the educational process at the proper level in distance learning. The IT industry, which deals with digital educational content, has taken the first steps to improve the visualization of educational content on the pages of textbooks and filled them with augmented reality (AR) objects. The article outlines the problems of teaching students of natural disciplines in institutions of general secondary education, in particular, low interest in studying the subject of physics. Ways to increase the activation of students' learning activities using the latest digital technologies, namely augmented reality, are proposed. The main directions of the study of augmented reality in education are determined, namely: the use of augmented reality in the educational process, professional training and retraining of personnel, social and technical problems, theoretical and methodological foundations, the development of tools to ensure the virtualization of learning, the design of the educational environment and the gamification of learning augmented reality. The tools and software for playing AR in physics for grades 8-11 of educational institutions are described. During the analysis of 160 AR objects, a number of problems were identified that reduce their quality. The authors substantiated a criterion-indicative matrix for determining the quality of AR objects, including such basic criteria as technical and technological, visual-dynamic, content-methodical and ten indicators. It is proposed to determine the quality of AR objects according to four levels of compliance: they do not meet the requirements, they require a thorough revision, they require minor revision, they meet the quality requirements. Promising research on determining the attitude of teachers and students of general secondary education institutions to the introduction of AR technology in educational practice.

Keywords: criteria; indicators; quality assessment; augmented reality objects; educational environment; digitalization of education; digital content.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] T. V. Hrunтова, Y. V. Yechkalo, A. M. Striuk, and A. V. Pikilnyak. "Augmented Reality Tools in Physics Training at Higher Technical Educational Institutions", in *Proc. 1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2018, pp. 33-40. (in English)
- [2] S. L. Malchenko, D. V. Mykoliuk, and A. E. Kiv. "Using interactive technologies to study the evolution of stars in astronomy classes", in *Proc. 2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019, pp. 145-155. (in English)
- [3] P. P. Nechypurenko, T. V. Starova, T. V. Selivanova, A. O. Tomilina, and A. D. Uchitel. "Use of Augmented Reality in Chemistry Education", in *Proc. 1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2018, pp. 15-23. (in English)
- [4] N. V. Rashevskaya, S. O. Semerikov, N. O. Zinonos, V. V. Tkachuk, and M. P. Shyshkina. "Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry", in *Proc. 3d International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2020, pp. 79-90. (in English)
- [5] T. H. Kramarenko, O. S. Pylypenko, and V. I. Zaselskiy. "Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching", in *Proc. 2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019, pp. 130-144. (in English)
- [6] N. V. Osypova, and V. I. Tatochenko. "Improving the learning environment for future mathematics teachers with the use application of the dynamic mathematics system GeoGebra AR", in *Proc. 4th Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2021, pp. 178-196. (in English)
- [7] L. F. Panchenko, T. A. Vakaliuk, and K. V. Vlasenko. "Augmented reality books: concepts, typology, tools", in *Proc. 3d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2020, pp. 283-296. (in English)
- [8] O. V. Prokhorov, V. O. Lisovichenko, M. S. Mazorchuk, and O. H. Kuzminska. "Developing a 3D quest game for career guidance to estimate students' digital competences", in *Proc. 3d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*, 2020, pp. 312-327. (in English)
- [9] S. Kidd, and H. Crompton "Augmented Learning with Augmented Reality", in: Churchill D., Lu J., Chiu T., Fox B. (eds) *Mobile Learning Design. Lecture Notes in Educational Technology*. Springer, Singapore, 2016. doi:10.1007/978-981-10-0027-0_6. (in English)
- [10] J. Grubert, T. Langlotz, S. Zollmann, and H. Regenbrecht, "Towards Pervasive Augmented Reality: Context-Awareness in Augmented Reality," in *IEEE. Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 23, no. 6, pp. 1706-1724. doi: 10.1109/TVCG.2016.2543720. (in English)
- [11] N. Petersen, "Didier Stricker Cognitive Augmented Reality". *Computers & Graphics*, vol. 53, № A, pp. 82-91, 2015. doi:10.1016/j.cag.2015.08.009. (in English)
- [12] T. Olsson, T. Karkkainen, E. Lagerstam, and L. Venta-Olkkonen. "User evaluation of mobile augmented reality scenarios", *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 4, no. 1, pp. 29-47, 2012. doi: 10.3233/AIS-2011-0127. (in English)
- [13] B. Dias, B. Keller, and S. Delabrida. "Evaluation of augmented reality SDKs for classroom teaching", in *Proc. 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '19)*. Association for Computing Machinery, vol. 28, pp. 1-11, 2019. doi:10.1145/3357155.3358447. (in English)
- [14] O. V. Kanivets, I. M. Kanivets, N. V. Kononets, and T. N. Horda. "Development of augmented reality mobile applications for studying three-dimensional models of engineering graphics", *Information technologies and learning tools*, no. 79(5), pp. 213-228, 2020. doi:10.33407/itlt.v79i5.3217. (in Ukrainian).
- [15] E. P. Potechitelev, and A. Yu. Burov. "Synthetic learning environment: design features", *Information technologies and learning tools*, no. 66(4), pp. 1-13, 2018. doi:10.33407/itlt.v66i4.2427. (in Russian).
- [16] E. Kurilovas, "Evaluation of quality and personalization of VR/AR/MR learning systems", *Behaviour & Information Technology*, no.11(35), pp. 998-1007, 2016. doi:10.1080/0144929X.2016.1212929. (in English)
- [17] S. H. Lytvynova, "The use of tools and services of cloud-based open science systems in the process of teaching and professional development of teachers: the aspect of augmented reality", *Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Series: "Pedagogy. Social work"*, no. 2(49), pp.97-103, 2021. doi:10.24144/2524-0609.2021.49.97-102. (in Ukrainian).
- [18] S. H. Lytvynova, O. Yu. Burov, та S. O. Semerikov, "Conceptual approaches to the use of augmented reality in the educational process", *Modern information technologies and innovative teaching methods in training: methodology, theory, experience, problems: a collection of scientific papers*, no 55, pp. 46-62, 2020. (in Ukrainian).
- [19] O.P. Semotiuk, *Modern Dictionary of Foreign Words*. Kharkiv: Ranok, 2008. P.320. (in Ukrainian).

