

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ

Литвинова С. Г., Пінчук О. П., Лупаренко Л. А., Соколюк О. М.

**КРИТЕРІЇ І ПОКАЗНИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ  
ОСВІТНЬОГО ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ  
З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ**

Методичні рекомендації

Київ – 2022

УДК 004.946.05:37](083.132)

К 82

*Рекомендовано до друку вченою радою  
Інституту цифровізації освіти НАПН України  
(протокол № 14 від 29.09.2022 р.)*

### **Рецензенти:**

- Осадчий В. В.** д.пед.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, Київський університет імені Бориса Грінченка
- Круглик В. С.** д.пед.н., професор, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

**Литвинова С. Г., Пінчук О. П., Лупаренко Л. А., Соколюк О. М.**

- К82 Критерії і показники оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю: методичні рекомендації. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 91 с.

**ISBN 978-617-8226-03-9-PDF**

У науково-методичному виданні висвітлено окремі аспекти використання імерсивних технологій (віртуальної, доповненої, змішаної, розширеної, заміщеної реальності) в освітньому процесі та їхній дидактичний потенціал. Розглянуто освітні мобільні додатки з підтримкою технології доповненої реальності, описано хід і результати навчання вчителів щодо створення AR контенту, досліджено сучасний стан їхньої готовності й ставлення до використання такого роду технологій в освітньому процесі закладів загальної середньої освіти України.

Авторами обґрунтовано критеріально-показникову матрицю визначення якості об'єктів доповненої реальності, що містить такі критерії, як техніко-технологічний, візуально-динамічний, змістово-методичний. Запропоновано визначати якість AR-об'єктів за чотирма рівнями відповідності: не задовольняють вимогам, потребують ґрунтового доопрацювання, потребують незначного доопрацювання, відповідають вимогам якості. Розроблений інструментарій потенційно сприятиме підвищенню якості цифрового освітнього контенту для ЗЗСО на етапі розроблення та добору.

Методичні напрацювання можуть бути корисні вчителям, працівникам органів управління освіти і науки, видавцям навчальних матеріалів, керівним кадрам закладів різних рівнів освіти, науковим і науково-педагогічним працівникам, та всім зацікавленим читачам.

ISBN 978-617-8226-03-9-PDF

© Литвинова С. Г., Пінчук О. П.,  
Лупаренко Л. А., Соколюк О. М.  
© Інститут цифровізації освіти  
НАПН України, 2022.

## ЗМІСТ

---

ЗМІСТ .....	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	5
ПЕРЕДМОВА .....	6
ТЕОРЕТИЧНИЙ БАЗИС ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	8
1.1. Поняттєво-термінологічний апарат .....	8
1.2. Проблематика використання технології доповненої реальності в освіті на сторінках наукової періодики .....	12
1.3. Вплив зовнішніх чинників на розповсюдження технології доповненої реальності в освіті .....	19
ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ.....	23
2.1. Напрями практичного застосування технологій віртуальної й доповненої реальності.....	23
2.2. Технології розширеної реальності в освітньому процесі.....	24
2.2.1. Ігрова діяльність і технології розширеної реальності.....	25
2.2.2. Освітній цифровий контент на базі технології розширеної реальності .....	26
2.2.3. Огляд освітніх мобільних додатків з підтримкою технології доповненої реальності.....	28
2.2.4. Робота з об'єктами доповненої реальності засобами мобільного додатку «BookvAR».....	30
ГОТОВНІСТЬ ВЧИТЕЛІВ ЗЗСО ДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.....	33
3.1. Дослідження сучасного стану готовності й ставлення вчителів до використання доповненої реальності в освітньому процесі ЗЗСО в Україні.....	33
3.1.1. Основні відомості про учасників опитування, заклади освіти та забезпеченість освітнього процесу технічними засобами.....	33
3.1.2. Обізнаність вчителів щодо технології доповненої реальності та попередній досвід її використання .....	36
3.1.3. Ставлення, зацікавленість та очікування вчителів від використання технології доповненої реальності в освітньому процесі ..	38
3.1.4. Доцільність викладання різних навчальних предметів з використанням AR й інтеграції об'єктів доповненої реальності у засоби навчання та наочність.....	40
3.1.5. Оцінювання вчителями характеристик цифрового контенту з доповненою реальністю .....	41
3.1.6. Потреба у розробленні AR-додатків та додатковому навчанні вчителів.....	43

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНІХ ОБ'ЄКТІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.....	45
4.1. Критеріально-показникова матриця визначення якості освітніх об'єктів доповненої реальності.....	46
4.2. Оцінювання 3D-моделей доповненої реальності в навчальній друкованій продукції.....	52
4.3. Оцінювання відео.....	59
4.4. Тренінг «Розроблення та оцінювання цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю».....	59
ДОРОЖНЯ КАРТА ВПРОВАДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ТА ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОГО ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ.....	66
ВИСНОВКИ.....	70
ДОДАТКИ.....	73
Додаток А. Опитувальник для вчителів ЗЗСО України щодо готовності до використання технології доповненої реальності.....	73
Додаток Б. Програма тренінгу «Розроблення та оцінювання цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю».....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

---

**ІКТ** – інформаційно-комунікаційні технології

**ЗЗО** – заклад загальної середньої освіти

**НАПН** – Національна академія педагогічних наук України

**AR** – доповнена реальність (англ. augmented reality)

**MR** – змішана реальність (англ. mixed reality)

**VR** – віртуальна реальність (англ. virtual reality)

**SR** – заміщена реальність (англ. substitutional reality)

**STEM** – наука, технології, інженерія, математика

(англ. Science, Technology, Engineering and Mathematics)

**XR** – розширена реальність (англ. extended reality)

**3D** – тривимірність (англ. 3 Dimensions)

## ПЕРЕДМОВА

---

Трансформаційні процеси різних сфер життєдіяльності суспільства, спричинені динамічним розвитком сектора інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), нині визначають довгострокові пріоритети науки і технологій. Серед глобальних викликів і трендів, що пов'язані з предметом нашого дослідження:

– *технологічні*: розвиток засобів тривимірного моделювання для біомедичної інженерії як технології життєзабезпечення; створення ефективних форм візуалізації інформації та контенту як технології інженерії знань;

– *контент-індустрія*: поява додаткових медіапродуктів у вигляді ігор та віртуальної реальності; їх інтеграція з іншими медіапродуктами і соціальними мережами через поєднання різних моделей постачання контенту.

У час, коли сучасні учні займають робочі місця, переважна частина процесу мислення, що пов'язана із застосуванням алгоритмізованої формальної логіки, перейде до сфери мережних комп'ютерних технологій, обчислювальні можливості яких значно перевищують людські. У таких умовах людське мислення все більше буде зміщуватися у неформалізовану сферу творчості.

Якщо суб'єкти навчання засвоюватимуть інформаційні образи реальних природних явищ і процесів шляхом експериментування з різноманітними цифровими інструментами і технологіями (симуляції, комп'ютерні моделювання, віртуальна і доповнена реальність та ін.), це й забезпечить *творчу діяльність* у синтетичному навчальному середовищі, вплине на *пізнавальну активність учнів*, їхню *мотивацію до навчання і самонавчання*, сприятиме формуванню відповідних *цифрових компетентностей* [1, 2].

Стрімке протікання процесів цифрової трансформації в галузі освіти значною мірою обумовлене використанням цифрових технологій як у процесі організації навчального процесу, так й у освітньому контенті. Школи та університети звернулися до цифрових інструментів співпраці, таких як Zoom і Microsoft Teams, реалізується адаптивне навчання, онлайн оцінювання, персоналізовані освітні середовища та ін. Суспільство змиралося з реальністю, що освіта буде гібридною, та визнало існування переваг технологій, які замінюють або доповнюють традиційні навчальні середовища.

Нині серед видавців все більшої популярності набуває використання технології доповненої реальності, зокрема й включення таких об'єктів у навчальну друковану продукцію. Цифрова трансформація навчальної літератури вбачається як у формуванні банку цифрового освітнього контенту закладу освіти, так й у використанні об'єктів доповненої реальності в друкованих підручниках, посібниках, робочих зошитах, зошитах для практичних та лабораторних робіт, атласах [3]. Такий підхід надає можливість здобувачам освіти не лише відтворювати об'єкти живої та неживої природи за допомогою мобільних пристроїв, а й глибше досліджувати характеристики та функціональні можливості об'єктів, що вивчаються.

Запорукою реформації навчальної друкованої продукції є перегляд існуючих підходів до оцінювання інтегрованого в неї цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю.

У *першому розділі* авторами здійснено аналіз практичного досвіду вітчизняних і зарубіжних вчених у галузі комп'ютерно орієнтованих педагогічних технологій щодо використання віртуальної і доповненої реальностей у процесі навчання. Охарактеризовано низку основних понять: імерсивність, об'єкти імерсивних технологій, віртуальна реальність, доповнена реальність, розширена реальність, змішана реальність, заміщена реальність, віртуальний і доповнений метавсесвіт. У ході дослідження проводився скринінг довгострокових трендів (за матеріалами світових прогнозів і тематичних оглядів); аналізувались глобальні соціально-економічні та науково-технологічні виклики, що стосуються сфери ІКТ; оцінювались потенційні можливості використання технології віртуальної, доповненої та змішаної реальності для освіти.

У *другому розділі* коротко викладено напрями практичного застосування технологій віртуальної і доповненої реальності у бізнесі, виробництві, корпоративному навчанні. Увагу дослідників зосереджено на використанні технологій розширеної реальності в освітньому процесі, зокрема у поєднанні з ігровою діяльністю, освітнім цифровим контентом, освітніми мобільними додатками та ін.

*Третій розділ* висвітлює результати проведеного у травні 2022 року опитування, що було покликане виявити основні тенденції впровадження доповненої реальності в освітній процес, а також сучасного стану готовності й зацікавленості вчителів ЗЗСО України до використання цієї технології. Описано зміст тренінга «Розроблення та оцінювання цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю», організованого в межах дослідження.

У *четвертому розділі* читачам пропонується *показниково-критеріальна матриця визначення якості об'єктів AR*, що дозволяє здійснювати добір якісних зразків контенту та інтегрувати їх у навчальну друковану продукцію. Передбачається, що представлена матриця стане потужним засобом експертизи інноваційних підручників, насичених AR-об'єктами, сприятиме підвищенню якості цифрового освітнього контенту для ЗЗСО на етапі його розроблення та добору, а використання доповненої реальності сприятиме опануванню педагогами нових методів і підходів в освітньому процесі.

Методичні рекомендації 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.

# ТЕОРЕТИЧНИЙ БАЗИС ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

---

## 1.1. Поняттєво-термінологічний апарат

Технології, що узагальнено називають **імерсивними**, передбачають занурення користувача у спроектоване цифрове середовище, спонукають до захопливого спостереження за об'єктами і взаємодії з ними. Технічно вони дозволяють одночасно поєднати різноманітні сфери: комп'ютерну графіку, користувацький інтерфейс, людський фактор, мобільні технології, дизайн дисплеїв і датчиків, опрацювання сигналів і візуалізацію даних [4].

**Об'єкти імерсивних технологій** – це цифровий контент, представлений користувачу від «першої особи» (*first-person perspective*), що створює ілюзію його присутності всередині контенту, а не стороннього спостереження за ним ззовні.

**Відчуття присутності** (*presence*) є спільним знаменником усіх видів імерсивних технологій (віртуальної, доповненої, розширеної, змішаної, заміщеної реальності). В основі розуміння цього терміну лежить ідея *перцептивної ілюзії немедіації* (*the perceptual illusion of nonmediation*), де *перцепція* – це чуттєве сприйняття зовнішніх предметів людиною, а *медіація* – посередництво.

Явище **перцепції** передбачає безперервні в реальному часі реакції людських сенсорних, когнітивних і афективних систем оброблення оточуючих людину об'єктів. **Ілюзія немедіації** ж виникає, коли людина не усвідомлює або не визнає існування середовища в її комунікаційному оточенні й реагує так, ніби цього середовища немає. Наприклад, для пілота літака підручник має низький рівень присутності, а льотний симулятор – високий.

Основними стовпами імерсивних медіа є віртуальна і доповнена реальність, різниця між якими полягає в тому, *де* і в якій мірі користувач відчуває себе присутнім. Віртуальна реальність презентує користувачу повністю змодельоване середовище, у той час як доповнена реальність – світ, де поєднано реальний і віртуальний контент.

**Віртуальна реальність** (*англ. virtual reality, VR*) описується як 3D середовище, в яке може зануритися людина, використовуючи спеціальну гарнітуру, під'єднану до комп'ютера, ігрової консолі або смартфона. Використання VR може бути покращене завдяки додаванню 3D аудіозвуків і тактильних пристроїв з датчиками передачі координат руху тіла у віртуальний простір.

Необхідно зауважити, що не всі системи 3D візуалізації можуть бути віднесені до класу VR. Характеризують цю технологію такі ознаки: зображення є стереоскопічним; зображення корелюється з координатами зорових сенсорів; система оснащена двоспрямованим інтерфейсом (вхід – координати зорових сенсорів, вихід – зображення); короткий час, що не перевищує 1/16 секунди для оновлення зображення у відповідь на зміни координат сенсорів.



Аналізуючи наукові джерела, можна виокремити декілька видів VR систем, класифікація яких залежить від способів і режимів їхньої взаємодії з користувачем.

1. «Вікно в світ» – для відображення візуальної частини кіберсвітів використовуються сучасні комп'ютерні монітори. Наприклад, для перегляду подорожі можна запустити програму Google Cardboard на екрані телефону або режим 2D «магічне вікно» на планшеті.

2. Відеонакладання – за допомогою відеокамери силует користувача накладається на створене комп'ютером двовимірне зображення, у результаті чого він бачить свій силует на екрані, тобто своє віртуальне тіло у кіберпросторі, що взаємодіє з віртуальним світом.

3. Системи занурення – дозволяють реалізувати ілюзію «повного занурення» користувача у віртуальне середовище.

4. Системи дистанційної присутності – використовують з'єднання віддалених сенсорів, розташованих на будь-якому об'єкті в реальному світі з оператором.

Найбільш досконалі системи віртуальної реальності нині дозволяють максимально повно підміняти реальний світ, однак зловживаючи їх використанням людина, за спостереженнями дослідників, зіштовхується з проблемою, яку називають *когнітивним перенавантаженням*. Надлишок отримуваних даних провокує ситуацію, за якої кількість операцій, що необхідно здійснити мозку, перевищує його потужності. У свою чергу, це спричиняє труднощі розуміння проблем і можливості прийняття рішень [5]. Як наслідок, можуть проявлятися когнітивні спотворення, зокрема *селективне сприйняття* – втрата об'єктивності, за якої людина обирає інформацію, що узгоджується з її очікуваннями, та ігнорує інші відомості.

На нашу думку, існує ще один вагомий негативний фактор, який унеможливорює широке впровадження віртуальної реальності в освітянську практику. Попри високу точність і високий рівень фотореалістичності, VR не дозволяє людському організму створити єдину сенсорну модель світу, а саме інтегрувати її безпосередньо в наше фізичне оточення. За використання складного й громіздкого обладнання, тіло знаходиться, переважно, у статичному положенні, в той час, як більшість віртуальних переживань включатимуть рух. Долаючи цю невідповідність, у свідомості вимушено відбудовуватимуться дві окремі моделі світу: одна – для реального оточення, а інша – для віртуального, відображеного на гарнітурі. Підтримування мозком одночасно двох ментальних моделей, очікувано, призведе до психічного перевантаження.

**Доповнена реальність** (англ. *augmented reality, AR*) характеризується як реальне середовище, розширене за допомогою «комп'ютерної інформації», такої як звук, відео або графіка [6]. Зазвичай в AR-додатках використовуються онлайнві відеозображення оточуючого світу у поєднанні з даними, згенерованими комп'ютерною технікою (зображення, тексти, тривимірні моделі, інтерактивні двомірні і тривимірні сцени).

Інтеграція в поле сприйняття користувача окремих штучних елементів (віртуальних зображень, підказок, голограм) надає максимально природне

відчуття розташування і взаємодії в просторі об'єктів різної природи. Таке нашарування «віртуального» на «реальне» дозволяє доповнити відомості про оточуючий світ і поліпшити його пізнання.

Слід зауважити, що доповнена реальність є поєднанням фізичного простору з цифровим у семантично пов'язаних контекстах, для яких об'єкти асоціацій лежать у реальному світі. Близьким, але не тотожним, є поняття **доповненої віртуальності**, під яким розуміють поєднання фізичного простору з цифровим у семантично пов'язаних контекстах, однак, їхні цільові об'єкти належать світу обчислювальної техніки [7].

Попри відмінності VR та AR, вони мають спільні процеси опрацювання даних і технології, зокрема, спеціальне програмне забезпечення (наприклад, Tilt Brush), додаткове обладнання (головні дисплеї (HMD), HMD для смартфонів, 360-градусні камери) та ін. Нині найновіша версія AR з можливістю використання окулярів доступна тільки для підприємств і розробників, а VR – для проходження користувачами віртуальних ігор, подорожей, перегляду коротких фільмів або розваг для дорослих, з перспективою активного впровадження продуктів медичного та освітнього (навчальні програми) характеру.

Дотримуємося думки, що доповнена реальність – це саме та технологія, що надає системам сприйняття людського організму найприродніший спосіб подання цифрового контенту, інтегрування контенту безпосередньо в фізичне оточення людини, та, водночас, може розвантажити мозок, вивільнити частину когнітивних зусиль і допомогти оптимізувати їх використання.

**Поняття розширена реальність** (англ. *extended reality, XR*) активно просувається виробниками обладнання і програмного забезпечення з часів появи систем для підтримування як віртуальної, так і доповненої реальності. Сполучення «розширена реальність» стало зручним універсальним терміном для позначення продуктів обох видів.

Термін **змішана реальність** (англ. *mixed reality, MR*) набув поширення у 2016 р. завдяки компанії Microsoft, що використала його у маркетинговій кампанії розумних окулярів HoloLens. Такий дискурс викликав деяку плутанину, оскільки, змішана реальність вживалась, по суті, як синонім доповненої реальності.

У цьому дослідженні поділяємо підхід, за якого середовище MR передбачає процес технологічного злиття реального та віртуального світів, зокрема, орієнтуємось на таксономію, запропоновану у 1994 р. П. Мілграмом і Ф. Кішіно [8], що вирішує проблему неточної термінології та нечітких концептуальних меж. Завдяки різним способам реалізації «віртуальних» і «реальних» аспектів об'єкти змішаної реальності розташовуються у будь-якому місці між екстремумами **континууму віртуальності** (*virtuality continuum*), спрощене подання якого представлено на рис.1.1.

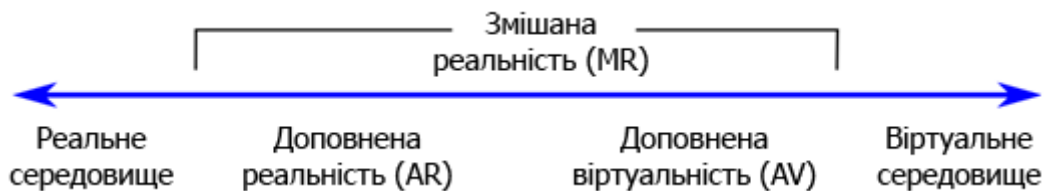


Рис. 1.1. Спрощене подання «континууму віртуальності» [8]

Факторами, що виокремлюють різні види змішаної реальності є:

- *обсяг знань про змодельований світ (extent of world knowledge)* – наскільки багато ми знаємо про світ, що відображається;
- *точність відтворення (reproduction fidelity)* – наскільки реалістично ми можемо це відобразити.
- *ступінь присутності (extent of presence metaphor)* – який ступінь ілюзії, що спостерігач присутній у цьому світі.

З розвитком технічних засобів віртуалізації та створення біотехнічних систем [9] відбувається виокремлення нових видів імерсивних середовищ, наприклад **заміщеної реальності** (англ. *substitutional reality, SR*), що надає можливість спостерігати за об'єктом під будь-яким кутом (360° virtual reality).

На щорічній конференції Google I/O 2018 в Mountain View керівник підрозділу AR і VR компанії Google К. Бейвор зазначив, що VR/MR/AR/XR не є окремими і чітко визначеними. Це – «зручні ярлики для різних точок спектру». Різноманітність же можливих форм реальності, породжених розвитком інформаційно-комунікаційних технологій, обмежені лише нашою уявою.

У наукових джерелах все частіше зустрічається термін **метавсесвіт** (англ. *metaverse*), що визначається контекстом і найчастіше описує *стійкий захоплюючий змодельований світ, в який занурені і який переживають від першої особи одночасно великі групи користувачів, поділяючи сильне відчуття взаємної присутності*. Він може бути повністю віртуальним і автономним (віртуальний метавсесвіт) або може існувати у вигляді нашарування віртуального контенту на реальний світ (доповнений метавсесвіт).

Віртуальний метавсесвіт, який ще називають «світ віртуальної реальності на основі аватарів», на думку багатьох вчених, набуватиме популярності, однак лишатиметься обмеженим у використанні. З іншого боку, доповнений метавсесвіт – злиття реального та віртуального світів в єдину імерсивну реальність – вважають майбутнім технологій.

Інтенсивне використання смартфонів та планшетів спричинює семантичні зміни терміну **мобільне навчання**. На відміну від академічної мобільності суб'єктів навчання, нині, розглядається також й технологічна мобільність в інформаційно-освітньому середовищі. Основними позитивними рисами мобільного навчання на основі різних моделей змішаного навчання є розширення можливостей аудиторного і дистанційного навчання, висока інтерактивність, доступність навчальних матеріалів у будь-який час і в будь-якому місці та особистісна орієнтованість [10]. Семеріков С. О., Стрюк А. М.,

Рашевська Н. В. Словак К. І. Кислова М. А. та ін. вказують на високу мотивацію і самоорганізацію учнів як умову результативності такого навчання.

У психолого-педагогічній літературі все частіше зустрічаємо дослідження впливу ефекту ігор на пізнання і мотивацію до навчання. **Гейміфікація** – це використання елементів і технік ігрового дизайну в неігровому контексті [11], що відбувається, зазвичай, у формі змагання або гри без переможця [12]. Оскільки цей напрям освітніх досліджень з'явився порівняно недавно і є своєрідним «перетином» психології, поведінкової економіки, менеджменту та ігрового дизайну, вплив цього явища на пізнавальну діяльність оцінюється дослідниками досить суперечливо (М. Барбер, Дж. Макгонігел, Д. Кларк, Шелдон Лі, К. Вербах та ін.). Досліджуючи окремі аспекти гейміфікації, доцільно чітко розрізняти «навчання у вигляді гри» (або ігрове навчання – Game-Based Learning) та «ігрові технології в навчанні». Припускаємо, що використання ігрових технік, засобів і AV/VR-застосунків з чітко визначеною навчальною метою і відповідним їй педагогічним результатом, потенційно може підсилити інтерес учнів до пізнання в галузі природничо-математичних наук.

## **1.2. Проблематика використання технології доповненої реальності в освіті на сторінках наукової періодики**

У сучасній філософії феномен віртуальності досліджується у широкому спектрі, однак більшість концепцій стосується оцінювання *впливу віртуалізації на природу людини*. Це явище розглядається вченими, зокрема з позицій антропології, соціології та інженерної психології людино-машинних інтерфейсів. Рейнгольд Г. характеризує це явище як «новий світ», «нову паралельну дійсність», «магічне вікно», що дозволяє зазирнути в інші світи, будь-то світ молекул, або світ наших фантазій [13].

Аналізуючи наукові джерела, пов'язані з використанням ІКТ в освіті, спостерігаємо *зміну фокусу з технологічних аспектів у гуманітарну галузь: на ментальні та когнітивні процеси, соціальні моделі й естетичну діяльність*. Ґрунтуючись на результатах багаторічних глобальних досліджень компанією Microsoft розроблено рекомендації [14] щодо використання ІКТ в освіті, де розробники звертають увагу суспільства на три основні тенденції:

1. У навчанні й професійному зростанні актуальним є формування й розвиток соціальних і емоційних компетенцій.

2. Значущим стимулом до пізнання нині є можливість досліджувати і вирішувати реальні проблеми, співпрацювати з іншими людьми, самостійно обирати потрібний інструментарій місце й простір для досягнення цілей.

3. Технології стають більш гуманістичними, спрямованими на творчість і співпрацю. Нові інтерфейси підтримуватимуть постійний зворотній зв'язок, змішану реальність, жести, голос і дотик. Практико орієнтоване навчання, міжпредметна проектна діяльність, використання «інтерактивного» обладнання, друк тривимірних конструкцій, навчальні 3D відео, віртуальні подорожі стали справжніми трендами шкільної освіти.

Активно розвивається міждисциплінарна галузь «людино-комп'ютерна взаємодія» (*human-computer interaction*), в межах якої розглядаються такі

питання, як *вплив інтерфейсу* на рівень ефективності цифрових інструментів, характеристики візуалізацій в онлайн навчальних середовищах, людський фактор у взаємодії «людина-комп'ютер» та ін. [15].

У працях [2, 16] проаналізовано сучасні погляди на проблеми впровадження в освітню практику *синтетичного навчального середовища (synthetic environment)*. Воно розглядається в двох аспектах: штучному й такому, що формується за рахунок синтезу фізичного світу і комп'ютерного моделювання. Дослідження [17] показало, що віртуальні навчальні середовища дозволяють згенерувати синхронну візуальну присутність студентів та їхніх викладачів у режимі реального часу. Такого роду спілкування задовольняє навчальні й соціально-емоційні потреби студентів та позитивно впливає на рівень їхнього психічного здоров'я.

**AR у загальній середній освіті.** Розвиток сучасних цифрових технологій сприяє зростанню кількості наукових пошуків щодо впровадження та використання AR-технологій у закладах освіти всіх рівнів [18]. Огляд літератури дозволив виокремити дві основні мети оцінювання AR [19]:

- показати, чи є вона корисною в освітньому процесі;
- виміряти досвід користувача та виявити шляхи покращення.

У роботі [20] було визначено головні переваги того, як AR може розширити і покращити освітній процес на рівні загальної середньої освіти (К-12).

По-перше, це *автентичне навчання*, яке передбачає, що учні залучаються до вирішення реальних завдань у безпечному цифровому середовищі.

По-друге, навчання з доповненою реальністю підтримує навчання, *орієнтоване на учня*.

По-третє, *контекстуалізоване* навчання безпосередньо пов'язане з контекстом реального світу, в якому воно відбувається. AR – це інструмент, що безпосередньо залучає учня до спостереження за навколишнім світом, водночас надаючи додаткову підтримку (підказки та інструменти).

Четверте, *візуалізація інформації* має відображати абстрактну інформацію динамічним способом. Графічні ілюстрації, інтерактивні демонстрації, навчальні посібники, аудіо- та відеопрезентації можуть бути використані для того, щоб учні могли повністю усвідомити навчальний матеріал.

У праці щодо застосування доповненої реальності у викладанні фізики як активного інструменту візуалізації уявлень про динаміку та взаємодію процесів фізичних явищ [21] авторами здійснено аналіз *типів AR-технологій і програмного забезпечення для розроблення AR-додатків*, описано відповідні програмні засоби та презентовано створено мобільний додаток AR Physics.

Нас зацікавили результати опитування учнів і викладачів, які вказали на переваги та недоліки використання цієї технології в навчальному процесі. З'ясувалось, що учні вважають найбільш значущими характеристиками AR: «забезпечення відчуття реальності, захоплюючий досвід навчання, економію часу та місця». Серед недоліків вони називали переважно «технічні проблеми, пов'язані з характеристиками мобільних пристроїв або відсутністю доступу до швидкісного Інтернету».

Викладачі ж відзначили такі проблеми з використанням AR: «недостатній рівень цифрової компетентності, що перешкоджає повному використанню таких інструментів у навчальному процесі; «неадекватність» методики навчання з використанням AR; обмеженість відповідного дидактичного матеріалу».

Автори зауважують, що під час використання мобільних AR-додатків засоби навчання фізики, до яких учні звикли, не змінюються, однак їхні можливості значно розширюються. Пропонується підхід «корегування», а не радикальних змін і перегляду методики навчання фізики з AR. Вважаємо, що такий підхід застосовний до вивчення всіх природничих дисциплін.

Проблему *оцінювання якості навчання* з використанням цієї технології аналізують С. Гіасіраніс (S. Giasiranis) і Л. Софос (L. Sofos) [22]. У ході дослідження вченим вдалося довести позитивний вплив на продуктивність навчання і підвищення успішності 42 учнів. Дослідниками Т. Олссоном (T. Olsson), Т. Карккайненом (T. Karkkainen), Е. Лагерштамом (E. Lagerstam) і Л. Вента-Олкконеном (L. Venta-Olkkonen) встановлено, що рівень технологічної підготовки респондентів значно впливає на загальне позитивне сприйняття об'єктів доповненої реальності, а також на розуміння об'єктів оточуючого світу і підтримування діяльності у різних галузях, зокрема, освіті [23].

У роботі А. Елфорда (Aniel Elford), С. Дж. Ланкастера (S. J. Lancaster), Г. А. Джонса (G. A. Jones) [24] здійснено спробу комбінації кількісних інструментів, якісних опитувань та інтерв'ю з метою встановлення відношення між ставленням учнів, когнітивним навантаженням, просторовим уявленням та академічною успішністю. Доведено помірну кореляцію ( $r_s=0,416$ ) між просторовими здібностями й успішністю, зроблено висновок про необхідність подальших досліджень для уточнення і з'ясування особливостей використання доповненої реальності та її впливу на якість освіти.

**AR у вищій освіті.** На відміну від початкової і середньої освіти, де інтерес до технологій доповненої реальності стрімко зростає, застосування її у вищій освіті все ще не набуло широкого поширення. Дослідження [25] описує *гібридну модель навчання* (HyFlex + Tec) для підтримки віртуального й оффлайн навчання студентів. Однак, аналіз наукової літератури [26] виявив *дефіцит AR-додатків* для викладання наукових, технічних, інженерних та математичних предметів (STEM) у закладах вищої освіти.

Важливими, на думку авторів Ю. Чу (Yu. Zhu), Г. Їе (H. Ye), С Танг (S. Tang) [27], є *індивідуальна та групова робота* з використанням різних гаджетів для візуалізації контенту доповненої реальності.

Дж. Мартін-Гутьєррес (J. Martin-Gutierrez), Е. Гінтерс (E. Guinters), Д. Перес-Лопес (D. Perez-Lopez) [28; 29] погоджуються, що доповнена реальність може бути використана для *спільної роботи студентів*. Особливої актуальності це набуває у процесі виконання практико-орієнтованих робіт (лабораторних, практичних) із небезпечним обладнанням, що вимагає постійного контролю з боку педагога. Використовуючи маркери, студенти матимуть змогу за допомогою планшета або мобільного телефона візуалізувати інструкції та навчальні матеріали, необхідні для правильного використання і налаштування обладнання.

**AR у підготовці вчителів.** Процес професійної підготовки майбутніх учителів у провідних педагогічних університетах зазнає потужного впливу цифрової трансформації. У роботі [30] обґрунтовано актуальність впровадження AR-технологій для формування готовності майбутніх учителів-філологів до професійної діяльності. Наголошується, що впровадження AR-технологій забезпечує *підвищення мотивації* до систематичного оволодіння практичними навичками, *підвищує концентрацію* та увагу студентів, збільшує їхній *когнітивний досвід*, сприяє розвитку *творчих здібностей* та ін.

Аналогічно, з позицій застосування доповненої реальності, розглянуто процес професійної підготовки майбутніх учителів закладів дошкільної та початкової освіти [31]. Авторами розроблено методичку діагностичного дослідження рівня та особливостей *готовності майбутніх педагогів* до використання AR у професійній діяльності.

Вважаємо, що заслуговують на увагу дослідників цифровізації освіти та потребують подальших наукових розвідок визначені у цій праці критерії, показники та рівні розвитку основних компонентів досліджуваної готовності. Так, *мотиваційний критерій* має показники: виявлення інтересу до нових технологій, потреби у вивченні доповненої реальності та бажання використовувати її в навчальному процесі; бажання використовувати тенденції сучасної освіти, досягати ефективних результатів у професійній діяльності, прагнення до творчого пошуку. *Когнітивний критерій* – знання технології доповненої реальності, засобів навчання в дошкільній та початковій освіті з AR-додатками, зміст поняття «готовність педагогів до використання доповненої реальності в освітньому процесі дошкільної та початкової освіти». *Діяльнісний критерій* – уміння розробити конспект інтегративного заняття для дітей дошкільного (молодшого шкільного) віку за будь-якою освітньою галуззю з використанням AR; визначити та обґрунтувати застосування AR; розробити модель застосування AR; визначити мобільні додатки для візуалізації навчального матеріалу; вибирати гаджети, які підходять для експлуатації; впроваджувати конспект у навчальну практику. Однак, готовність практикуючих учителів до використання такої технології не розглянуто.

Аналіз останніх публікацій щодо навчання з підтримкою доповненої реальності дозволяє зробити висновок про існуючий дефіцит онлайн програм для безперервного професійного розвитку вчителів. Хоча є й приклади вдалого досвіду. Наприклад у [32] презентовано *програму професійного розвитку вчителів*, де AR інтегровано з основними ідеями навчальної програми STEM для перетворення класних кімнат в інтелектуальне середовище навчання.

Цікавим і перспективним є питання спеціального *навчання педагогів* розробленню *програмного забезпечення доповненої реальності* у системі професійного розвитку в закладах післядипломної освіти. Праця [33] презентує такий курс для вчителів STEM, що сприяв розвитку їхньої компетентності в проєктуванні та використанні інноваційних засобів навчання. Інший проєкт [34] мав на меті перетворити вчителів на розробників AR.

Опікуючись розвитком цифрової компетентності вчителів, автори публікації [35], розробили восьмижневу програму професійного розвитку для

вчителів «Доповнена та віртуальна реальність у викладанні та навчанні». Подвійна мета програми полягала в тому, щоб:

а) надати вчителям будь-якого рівня та дисципліни змогу використовувати, модифікувати та повторно використовувати існуючі ресурси та середовища педагогічно обґрунтованим способом;

б) реалізувати прості технологічні програми з доповненою та віртуальною реальністю.

**AR у покращенні методик.** Саме про корегування, доповнення й вдосконалення існуючих методик навчання йдеться у роботі [19]. Окрім інструментів розробки, важливим фактором у набутті навчального досвіду з доповненої реальності (*augmented reality learning experiences – ARLEs*) є *дизайн інструкцій*. Автори зазначають, що з метою адаптування ARLE у формальній освіті, слід розробити спеціальну навчальну програму ретельного інтегрування AR та різноманітних супутніх пристроїв для роботи в класі.

Спочатку передбачається озброїти учня такими навичками, як дослідження й оцінювання за допомогою AR-дисплея смартфона або настільного комп'ютера. Наступним етапом є опанування таких можливостей, як дозволені взаємодії. І лише після цього учні можуть набути власний досвід навчання з AR.

Зауважимо, що дослідники виокремлюють три переваги властиві доповненій реальності:

– анотація реального світу (відображення тексту й інших символів на об'єктах реального світу);

– контекстна візуалізація (відображення віртуального вмісту в насиченому контексті реального середовища);

– тактильна/зорово-тактильна візуалізація (інтеграція як зору, так і відчуття дотику при сприйнятті віртуальної інформації; цей ефект спостерігається переважно при зміні точки зору користувача, надаючи можливість перевірити віртуальний вміст об'єкта під різними кутами, обертаючи і пересуваючи його ближче або далі від себе).

У низці досліджень [36] надано переконливі докази *покращення академічної успішності, збільшення залученості, мотивації та задоволеності* студентів завдяки освітнім середовищам, збагаченим додатками AR.

Б. Діас, Б. Келлер та С. Делабрида (Федеральний університет Ору-Прету, Бразилія) стверджують, що використання AR в освіті спрямоване на покращення існуючих методологій навчання. Нині існує кілька платформ розроблення AR, що придатні для використання в освітньому процесі. Вчені оцінили точність виявлення маркерів з різними характеристиками та було встановили, що Vuforia та EasyAR є найкращим вибором для освітньої галузі [37].

**AR у навчанні.** Масив праць вітчизняних вчених присвячений використанню AR у різних сферах освіти. Зокрема цю проблему досліджували Т. В. Грунтова та Ю. В. Єчкало [38], С. Л. Мальченко та Д. В. Миколюк [39], П. П. Нечипоренко і Т. В. Старова [40], Н. В. Рашевська і С. О. Семеріков [41], О. М. Соколюк [42], Т. В. Крамаренко та О. С. Пилипенко [43], О. Канівець, І. Канівець, Т. Горда та О. Ю. Буров [44], Т. А. Вакалюк, К. В. Власенко, Л. Ф. Панченко [45] та ін.



Останні три роки інтерес учених був зосереджений на дослідженні питань використання доповненої реальності під час вивчення *фізики* (Т. В. Грунтова, Ю. В. Єчкало) [46], *астрономії* (С. Л. Мальченко, Д. В. Миколюк) [47], *хімії* (П. П. Нечипоренко, Т. В. Старова) [48], *геометрії* (Н. В. Рашевська, С. О. Семеріков) [49] та забезпечення *STEM-освіти* (Т. В. Крамаренко, О. С. Пилипенко) [50].

Педагоги озвучували проблему *добору інструментарію* для використання вільно поширених і створення власних AR-об'єктів (Н. В. Осипова, В. І. Таточенко) [51]. Значний внесок у розкриття питання зроблено вченими Л. Ф. Панченко, Т. А. Вакалюк та К. В. Власенко [52], 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 [53].

С. Кідд і Х. Кромптон розкривають *філософські, педагогічні й концептуальні основи навчання з AR*, описують деякі поширені способи використання цієї технології, надають рекомендації та прогнозують майбутні освітні наслідки [54].

**Створення AR-додатків.** Низка наукових робіт присвячена проектуванню та поетапному створенню програмних додатків з доповненою реальністю. О. В. Канівець, І. М. Канівець, Н. В. Кононець та Т. М. Горда [55] наголошують на необхідності створення *тематичних мобільних AR-додатків* для мобільних пристроїв, що забезпечить широке впровадження технології в освітню практику.

Є. Груберт (J. Grubert), С. Золман (S. Zollmann), Т. Ланглоц (T. Langlotz), Х. Регенбрехт (H. Regenbrecht) зазначають, що хоча більшість AR-додатків використовується лише для одного конкретного завдання, поточні та майбутні сценарії можуть забезпечити неперервний розвиток досвіду користувача та досягнення *багатьох цілей*, зокрема освітніх [56].

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. Такий підхід може набути широкомасштабного впровадження і стати одним з основних з практичної точки зору [57].

Т. Олссон та інші вчені з Технологічного університету (Тампере, Фінляндія) провели онлайн опитування 260 респондентів, оцінюючи сприйняття, розуміння *потенціалу та ризиків використання* об'єктів AR. На думку респондентів, технології необхідні в повсякденному житті кожної сучасної людини. Встановлено, що рівень технологічної підготовки респондентів значно впливає на загальне позитивне сприйняття AR-об'єктів, зокрема на підвищення розуміння оточуючого світу, об'єктів у ньому та підтримку діяльності в різних галузях та сферах, зокрема в освіті [58].

**Оцінювання AR-контенту.** Розвиток, удосконалення та спрощення способів реалізації доповненої реальності надали можливість модернізувати освітню наочність та вдосконалити цифровий освітній контент.

Вперше інтеграція в освітнє середовище AR-контенту та розроблення відповідної платформи для зберігання і використання цієї технології на всіх

рівнях освіти відбулися у ході реалізації проєкту Горизонт-2020 «Доповнена реальність у шкільному середовищі»<sup>1</sup> (англ. *Augmented reality in school environments*) 2006–2008 рр.

Окремі питання якості об'єктів живої і неживої природи, розроблених за допомогою технології доповненої реальності, напряду або опосередковано, було розглянуто в низці наукових праць.

Зокрема, у роботі К. Лі (K. Lee) [59] зазначено, що вибір інноваційного навчання залежить від *доступу* людини до певних видів технологій. На організацію освітнього процесу в закладах освіти безпосередньо впливає особливості користувацького доступу, а саме допустима кількість користувачів (однокористувацький чи багатокористувацький).

М. Хардерс (M. Harders), Г. Бьянчі (G. Bianchi), Б. Ноелі (B. Knoerlein) та Г. Секлі (G. Szekely) додають, що у застосуванні доповненої реальності важливу роль відіграє *калібрування, стабільність системи та низький рівень затримки*. Ці параметри необхідні для підтримування занурення користувача та уникнення перерв у присутності, що потенційно можуть зменшити результати навчання [60].

Технологія доповненої реальності суттєво відрізняється від звичайних програм, для яких застосовується маніпулятор миша та клавіатура, саме тому потребує окремого підходу до оцінювання зручності її використання.

З метою вирішення цієї проблеми дослідниками Г. Кім (G. Kim) [61] пропонується використання стандартів, а саме ISO-IEC JTC 1 SC 24, 18521 11. Альтернативно, М. П. Гімарайншем (M. P. Guimaraes) та В. Ф. Мартінсом (V. F. Martins) розроблено контрольний список оцінювання додатків доповненої реальності, в основу розроблення якого покладено стандарт ISO 9241–11 [62], що містить такі критерії:

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| – цілі й застосування;           | – запобігання помилок;                          |
| – попередній досвід користувача; | – розпізнавання об'єктів;                       |
| – розроблені задачі;             | – гнучкість;                                    |
| – обладнання;                    | – точність;                                     |
| – навколишнє середовище;         | – налаштування середовища;                      |
| – діяльність користувача;        | – задоволеність;                                |
| – контроль над користувачем;     | – відповідність між системою і реальним світом. |

Вказані критерії ранжувались п'ятьма експертами зі значним досвідом використання AR-додатків, з огляду на це вказаний перелік є перспективним рішенням проблеми оцінювання зручності використання додатків доповненої реальності.

AR змінює як умови, місце й час навчання, так і потенційно впливає на розвиток освіти. Аналіз наукової літератури дозволяє констатувати, що наукові інтереси учених і педагогів нині спрямовані на дослідження таких напрямів, як:

- теоретико-методичні засади використання доповненої реальності в освітньому процесі;

<sup>1</sup> <https://cordis.europa.eu/project/id/027039>

- проектування освітнього середовища та гейміфікація навчання з використанням доповненої реальності;
- визначення принципів, технологій та інструментів для забезпечення віртуалізації навчання;
- розроблення якісних додатків доповненої реальності та зручність їх використання;
- використання доповненої реальності у професійній підготовці та перепідготовці кадрів;
- соціальні і технічні проблеми впровадження доповненої реальності в освітню практику.

Не зважаючи на широкий спектр наукових праць, присвячених використанню технології доповненої реальності, ґрунтовного аналізу щодо оцінювання окремих AR-об'єктів, здатних інтегруватися в навчальну друковану продукцію, повною мірою досліджено не було. Це свідчить про актуальність і важливість визначення критеріїв та показників якості об'єктів доповненої реальності з метою подальшого педагогічно виваженого і теоретично обґрунтованого освітнього використання такого цифрового контенту.

### 1.3. Вплив зовнішніх чинників на розповсюдження технології доповненої реальності в освіті

Досліджуючи питання впровадження інноваційних технологій, зокрема доповненої реальності (AR), в систему освіти України ми дійшли висновку, що це довготривалий процес, на який мають вплив не тільки ІК-технології, а й інші зовнішні чинники: кіноіндустрія, бізнес, вчителі-новатори, виробники освітнього контенту (рис. 1.2.).



Рис. 1.2. Зовнішні чинники впливу на розповсюдження технології AR

*Кіноіндустрія.* Саме тут народжуються нові ідеї як для реалізації технології візуалізації, так і впливу на глядача різними інноваційними ефектами. Розроблені технології презентуються на виставках різного рівня, після чого підхоплюються бізнесовими структурами (рис. 1.3.).



Фільм «Особлива думка», 2002 р.



Smart Board в ЗЗСО, 2007 р.

Рис. 1.3. Від ідеї до освітнього впровадження технології

**Бізнес.** Основне завдання цієї сфери – великі обсяги продажів, що досягаються за допомогою реклами. В останні роки це не лише банери, плакати та флаєри, а й новітні технології, зокрема доповнена реальність (рис. 1.4.). Наприклад мережа супермаркетів «АТБ» у 2017 році запустила перший проєкт з доповненою реальністю – книгу «Аліса в країні чудес». У співпраці з NTI Loyalty та за підтримки Міжнародної організації UNICEF у 2022 році стартував національний благодійний проєкт з технологією доповненої реальності «Брайти»<sup>2</sup>, що включав низку карток з 3D-героями.



Книга «Аліса в країні чудес», 2017 р.



Картки «Брайти», 2022 р.

Рис. 1.4. Бізнес-реклама як чинник впровадження технології

Ці заохочення з доповненою реальністю видавались як подарунки за покупки користувачам мережі «АТБ». Отже, первинні навички використання AR технології учні та вчителі-новатори можуть отримувати саме через розвиток

<sup>2</sup> <https://cutt.ly/bLKJv2v>

реклами в бізнесі. Маркетологи та PR-менеджери орієнтуються на молодь шкільного віку, які стають провідниками технології. Згодом, вчителі-новатори підхоплюють і використовують такі новації в освітніх цілях.

*Вчителі-новатори.* Це категорія освітян, які постійно розвиваються і вдосконалюють педагогічну майстерність, зокрема з використанням новітніх цифрових технологій [63], до використання яких їх спонукають: атестація, відкриті уроки, отримання звання, отримання категорії, участь у конкурсі «Учитель року» та ін.

Вчителі-новатори відрізняються неперервним саморозвитком, жагою до опанування нових технологій, зокрема цифрових. З метою отримання навичок використання нових технологій ця категорія освітян активно бере участь у семінарах, вебінарах, тренінгах, літніх школах, самостійно опановує дистанційні курси та ін. (рис. 1.5).



*Рис. 1.5. Опанування вчителями технології доповненої реальності на тематичних семінарах*

Далі відбувається інтеграція отриманих знань в освітню практику, тобто апробація технології в реальних умовах та популяризація педагогічної майстерності серед колег закладу освіти, міста, регіону та ін.

Оскільки вчителі закладів освіти є авторами підручників, посібників, робочих зошитів, то отримані технологічні знання вони інтегрують у видавничу діяльність, співпрацюючи з виробниками освітнього контенту.

*Виробники освітнього контенту.* Саме цей чинник впливає на широкомасштабне впровадження новітньої технології, зокрема доповненої реальності, в освітню практику закладів освіти.

На них значною мірою впливають вчителі-новатори, суспільство, вимоги до освітнього контенту, обумовлені розвитком освіти. Крім того, виробники також мають співпрацювати з ІТ-компаніями, розвиватися й опановувати нові цифрові технології для реалізації інноваційного контенту і задоволення потреб користувачів.

Наприклад, видавництво «Ранок» розробило серію книг з використанням AR – «Моя творча енциклопедія»<sup>3</sup>, яку можна використати на уроках трудового навчання. Набір дозволяє зібрати 3D моделі або конструктор LEGO з доповненою реальністю для розвитку конструкторських здібностей учнів на STEM-уроках (рис. 1.6.) [64].



*Конструктор і книга з доповненою реальністю*



*Конструктор LEGO з доповненою реальністю*

*Рис. 1.6. Конструктори з доповненою реальністю*

До особливостей цього чинника потрібно віднести бізнесову складову. Крім напряму освіти вони орієнтуються на широке коло користувачів своєї продукції, що є пріоритетним.

Саме на цьому етапі підіймається питання *якості освітнього контенту з доповненою реальністю*, оцінювання якої має визначатися за критеріями, що враховують вікові особливості учнів, відповідають навчальним програмам, мають коректну логічну анімацію, 3D-моделі живої та неживої природи, є аналогами реальних об'єктів, мають чіткі зображення та неагресивне забарвлення, інноваційний дизайн та включають тести для здійснення формувального оцінювання [65], [3].

<sup>3</sup> <https://cutt.ly/oLHKjX>

# ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНОСТЮ

---

## 2.1. Напрями практичного застосування технологій віртуальної й доповненої реальності

Віртуальний світ породжує два найважливіші тісно взаємопов'язані напрями:

– *інженерно-технологічний* – створення апаратно-програмних засобів, що забезпечують синтез і побудову віртуального середовища, в якому діятиме людина;

– *нейротехнологічний* – оптимальна взаємодія людини з віртуальним світом з урахуванням її можливостей і здібностей.

Припускаємо, що у минулому процеси активного поширення VR гальмувались недоступністю спеціального програмного й апаратного забезпечення та економічною неефективністю для невеликих проєктів. У ході технологічної еволюції – від VR-шолому 1970-х рр., перших мобільних AR-додатків і AR-дисплеїв 90-х рр. до сучасних «розумних окулярів» – створені всі необхідні передумови для віртуального навчання. Застосування ж імерсивних технологій у майбутньому багато у чому залежатиме від розуміння того, як мозок обробляє дані з віртуальної реальності у порівнянні з реальністю [66].

Технологія віртуальної реальності широко використовується у промисловості: перш ніж поставити на виробничу лінію транспортний засіб, компанія-розробник проєктує його у віртуальній формі. Змодельовані таким чином двигуни можуть надати дизайнерам і механікам найбільш глибоке розуміння вигляду окремих деталей та їх практичної взаємодії у просторі. Обслуговування продавцями клієнтів (Walmart), приготування їжі (KFC), відпрацювання дій оператора в позаштатних ситуаціях (Schlumberger), інтерактивне керівництво, що допомагає виявити і усунути несправність (BMW) – лише частка вдалих практик використання VR для бізнесу та виробництва.

Створення віртуальних музеїв яскраво продемонструвало обмеження й переваги використання VR: наступні покоління, що виростуть в оточенні технологічних медіа, малоймовірно відмовляться від відвідувань реальних закладів, однак технології віртуалізації можуть бути особливо корисними для перегляду і дослідження в цифровому форматі тих артефактів, які зазвичай розглядаються за склом, що унеможлиблює фізичні маніпуляції з ними. А от у сфері нерухомості, онлайн-візити потенційних покупців до будинків, які вони не можуть легко відвідати фізично, є рентабельним лише за умови високої вартості будівлі.

Моніторинг глобальних технологічних трендів [67] показав стійку висхідну тенденцію до розвитку ринку доповненої реальності не лише для бізнесу, а й в галузі медицини. Зокрема, технології AR дозволяють інтегрувати в єдине адаптоване до швидкого сприйняття зображення всі необхідні для проведення хірургічних операцій дані, як довідкові, так й одержані у ході скринінгу стану пацієнта з датчиків і відеокамер. Застосування VR довело свою ефективність й у

лікуванні клінічних випадків [68–72], найбільш успішним з яких є подолання когнітивних та невротичних розладів, таких як агорафобія [73,74]. Принципово нові технології навчання людини, зануреної у віртуальне середовище, відкривають нові шляхи управління свідомістю, забезпечують відновлення втрачених і розвиток нових інтелектуальних здатностей [75].

Успішно використовуються програми 3D-навчання у підготовці пожежників і військових [76] на базі ігрових середовищ, що надають найкраще розуміння залучених просторових когнітивних факторів. Евакуація з будівлі чи літака яскраво демонструє найкраще розуміння просторового пізнання у віртуальному та реальному середовищі і взаємодії між ними. Очевидно, що така евакуація, відбудеться в темряві, і недооцінювання віртуальних відстаней, наприклад, між дверима й безпековим обладнанням, може мати вирішальне значення [77]. Безпекові тренінги для рятувальників з відпрацювання командних дій у надзвичайних ситуаціях дозволяють набути знань без жодного реального ризику для життя.

У професійному навчанні популярності набула технологія Microsoft HoloLens, що успішно застосовується для підготовки:

- студентів-медиків: експерти Медичного центру Лейденського університету додали в Microsoft HoloLens нову функцію, що поєднує рухи тіла людини та віртуальну анатомічну модель;

- пілотів: компанія Japan Airlines розробила на її базі дві програми з опанування механіки двигуна та підготовки стажерів льотного складу.

- космонавтів: NASA використовує технологію HoloLens для Project Sidekick, що дозволяє екіпажам космічних станцій отримувати допомогу за потребою.

HoloLens<sup>4</sup> може бути використаний й у навчальних програмах STEM шкільної освіти, забезпечуючи більш інтерактивне навчальне середовище.

Підсумовуючи, констатуємо, що у бізнесі, виробництві та корпоративному навчанні спостерігається динамічне зміщення акцентів у бік віртуалізації, однак цей процес вимагає наявності ширококутового інтернету, потужного програмного забезпечення для швидкої обробки зображень та вартісних апаратних засобів перегляду: шолом або окуляри віртуальної реальності, маніпулятори, які фіксують положення рук і жестів користувача та надають можливості повноцінного керування середовищем.

## **2.2. Технології розширеної реальності в освітньому процесі**

Опосередкована технологіями освіта стала фундаментальною частиною сучасного навчання і викладання. Події весни 2020 року, що сприяли активному впровадженню електронного, дистанційного і мобільного навчання, окреслили подальші шляхи досліджень варіативного поєднання різних форм цифрового контенту для використання його з навчальною метою залежно від віку, предметної галузі та можливостей суб'єктів освіти.

---

<sup>4</sup> <https://www.lifelique.com/products/hololens#>



Аналізуючи відмінності VR/AR/MR, приходимо висновку, що саме технологію доповненої реальності можна вважати найбільш придатною для широкого застосування у шкільній освітянській практиці, з огляду на критерій доступності (користувачеві досить мати лише смартфон) та помірний вплив на сприйняття і психічні реакції дитини [78].

У контексті підвищення ефективності навчання можна виділити наступні напрями застосування технології доповненої реальності [7]: *ігрові симуляції* (середовища, в яких об'єднуються можливості навчання з ігровими елементами), *демонстрування наукових експериментів* (перевірка моделей на валідність) та *відпрацьовування навичок*, що вимагають майстерності.

### **2.2.1. Ігрова діяльність і технології розширеної реальності**

У звіті «Віртуальна реальність та її потенціал для Європи» (“Virtual reality and its potential for Europe”) [6] систематизовано досягнення різних країн щодо створення унікальних інтерактивних платформ для розробки технологій *віртуальних середовищ і розроблення освітніх програм для підлітків* з використанням VR, серед яких: вивчення правил дорожнього руху – WeMakeVR (Нідерланди); створення віртуальних лабораторій для проведення експериментів – Labster (Данія); подолання проблем психічного розвитку за допомогою інтерфейсу доповненої віртуальності, де фізичні об'єкти, якими керують діти, з'являються у віртуальному світі – Kodama (Франція).

*Гейміфікація* нині є актуальним напрямом в освіті, що дозволяє психологічно змінити поведінку учня. Ігрова діяльність є важливим фактором формування особистості, оскільки відбувається вбудовування отриманого віртуального ігрового досвіду в реальні структури особистості. У процесі гри суб'єкт не лише переживає почуття радості та захоплення, а й вимушено контролює свої дії, вдається до рефлексії, аналізу того, що змінюється і в ньому самому також. Психологи часто виділяють такі особливості характеру гравців, як розвинуте логічне мислення, емоційну стійкість, домінантність, раціональність, прямолінійність, розслабленість [79].

У 2014 році Шелдоном Лі [80] презентовано позитивний досвід проведення курсу на базі навчального закладу у вигляді багатокористувацької гри. Особливістю такого Game-Based Learning було зосередження учнів на отриманні нагород (балів, бейджів, рейтингів) і командній роботі, а не на самому навчанні. Висновки про ефективність експерименту були сформульовані на підставі успішності учнів та їх зацікавленості.

Хоча використання ігрової форми є широким полем для педагогічних дискусій, на нашу думку, навчальні ситуації, що виступають як засіб спонукання і стимулювання учнів до пізнавальної діяльності, можливо спроектувати з використанням імерсивних технологій. А отже, впровадження ігрових технологій у навчання, зокрема створення засобами віртуалізації та доповненої реальності загального ігрового враження, сприятиме емоційній залученості школярів, створенню додаткових можливостей зробити завдання більш

зрозумілими, унаочнити характер і ефективність явища в дії, підвищити візуалізацію результатів, посилити вектор розумового розвитку учня [81].

### 2.2.2. Освітній цифровий контент на базі технології розширеної реальності

Успішне впровадження технологій VR/AR як інструменту навчання передбачає певні *педагогічні передумови*, зокрема створення технічно складного контенту та його методичний супровід.

Друковані підручники протягом тривалого часу були основним статичним засобом передачі знань. У наш час традиційний освітній контент можна трансформувати в інтерактивний, багатий візуалізацією з метою забезпечення ширших можливостей навчання через досвід, відкриття і дослідження.

Розвиток імерсивних технологій поступово змінює типологію навчальних матеріалів [82]: друковані; друковані з мультимедійними додатками; електронні як аналог друкованих; електронні з мультимедійним контентом, навігацією і гіперпосиланнями на зовнішні джерела; друковані з об'єктами доповненої реальності; віртуальні та книги змішаної реальності (рис. 2.1.).

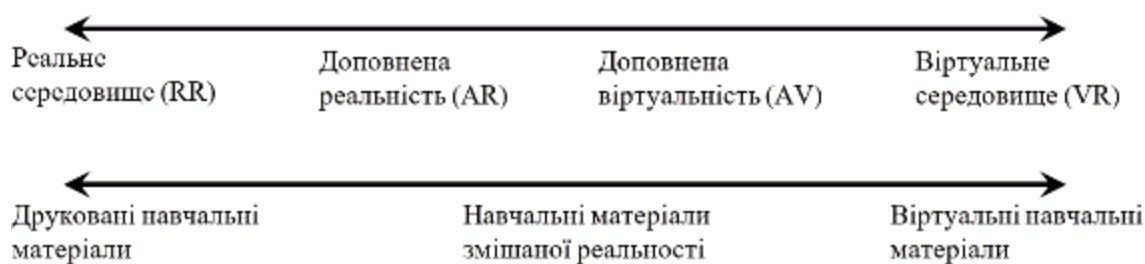


Рис. 2.1. Навчальні матеріали на базі імерсивних технологій

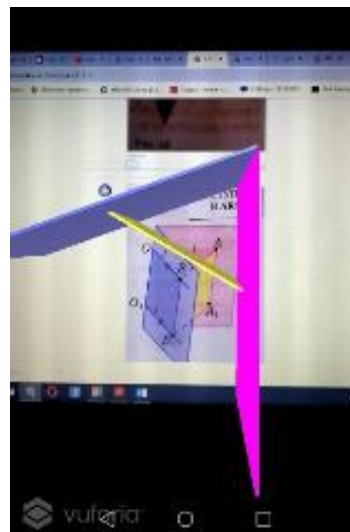
Популярності набувають книги, роздаткові матеріали та друковані картки з доповненою реальністю (Visually Augmented Books, Traditional AR Book), що містять:

- 2D статичний контент, а саме: фотографії, картини, малюнки, ілюстрації, схеми, текст;
- 2D динамічний контент, до якого відносять відео та анімацію;
- 3D-контент: статичні 3D-моделі (об'єкти, оточення) та динамічні моделі (анімація, 3D-аватари);
- звук: фоновий шум/музика та 3D-звук, що залежить/відповідає діям користувача та розташуванню.

Яскравим позитивним прикладом може бути навчальна програма з цифрових наук (Digital Science Curriculum) – основний продукт Lifelique для залучення учнів до вивчення предметів STEM, а саме з природничих наук K-12, що доповнені інтерактивними 3D (<https://www.lifelique.com/products/lifelique-app>). Користувачам доступні 1000+ планів уроків для вчителів та уроків для учнів, >1500 3D-моделей доступних у AR/VR, мікроскопічні зображення та анімовані відео з глибоким масштабуванням. Важливим є те, що запропонований

цифровий контент співвідноситься з основними підручниками з природничих наук, які використовуються у США.

Отже, з'явилася можливість вдосконалювати візуалізацію змісту підручників, що себе зарекомендували і давно використовуються (рис. 2.2.). Технології проєктування 3D сцен та об'єктів доповненої реальності значно розширюють дидактичний інструментарій учителя і збагачують засоби навчання [81]. Так у підручниках шкільної математики зображення об'ємних геометричних тіл зазвичай подаються у вигляді двовимірної проєкції, що створює свого роду когнітивний фільтр в учнів з низькою просторовою здатністю та не дозволяє їм уявляти тривимірні об'єкти. Здібності до просторової уяви частково можна покращити за допомогою створених на комп'ютері моделей таких тіл.



*Рис. 2.2. Зображення на смартфоні ілюстрації до задачі 10 класу підручника геометрії для 10–11 класів (автори: Л. С. Атанасян та ін.) з використанням мобільного додатка AR Geometry*

Сучасні пристрої дозволяють фіксувати рух очей та тіла, а хмарні технології застосовуються для отримання навчального контенту з різних джерел, опрацювання і подання його учням у реальному часі. Наочність, орієнтація на матеріал, керованість, безпека, результативність (у порівнянні зі звичайною роботою на ПК) – фактори, що зміцнюють дидактичний потенціал імерсивних технологій.

Інтеграція AR технології у фізичне середовище навчання матиме, на нашу думку, синергетичний ефект і позитивно вплине на учнів. Досвідчені викладачі рекомендують поєднати середовища шляхом доповнення друкованого підручника інтерактивними записами і посиланнями на цифрові медіа. У практиці загальної середньої освіти доцільно використовувати вільно доступні інструменти 3D візуалізації від Windows 10: *Paint 3D*, *Mixed Reality Viewer*, *3D Builder*, *Remix 3D*, *PowerPoint*. Як інструментарій STEM для 3–12 класів рекомендованим є програмне забезпечення: *3D Builder*, *3D Paint* та *Story Remix* – вбудовані в оновлення Windows 10 Creators, що дозволяють створювати і друкувати 3D та вбудовувати 3D-об'єкти в змішану реальність.

Важливо, щоб учні мали свободу вибору відповідно до власного стилю навчання. Результати експериментального дослідження щодо поєднання друкованих текстів із цифровими ресурсами за допомогою доповненої реальності [83] підтвердили підвищення інтересу, впевненості та відчутної продуктивності учнів, які використовували AR-додаток. Завдяки імерсивним і 3D-технологіям спостерігається покращення оцінок за контрольні роботи (22%), підвищення залучення і зацікавленості учнів під час навчання (35%) [14].

Дослідження властивостей AR-контенту і середовищ його розроблення [84] показало ефективність використання технології доповненої реальності для персоналізації навчання осіб з особливими потребами. Для демонстрації учням такого навчального матеріалу вчителі використовували смартфони і планшети, а спеціально розроблений AR-контент, здебільшого, інтегрувався в підтримку вже існуючих ефективних стратегій навчання.

### 2.2.3. Огляд освітніх мобільних додатків з підтримкою технології доповненої реальності

У 2019 році нами був здійснений порівняльний аналіз функціональних можливостей і апаратних вимог освітніх мобільних додатків з підтримкою технології доповненої реальності [81]. Аналізуючи освітній потенціал програм *mozaBook*, *mozaWeb*, *GeoGebra Augmented Reality*, *Google Expeditions*, *Star Walk*, *Star Walk2*, *The Brain AR App*, *Human body (male) educational VR 3D*, *Da Vinci Machines AR*, *Electricity AR*, *Bridges AR*, *Geometry - Augmented Reality*, *VictoryVR Science Curriculum*, *GeometryAR*. Ми акцентували увагу на таких параметрах як обладнання для демонстрації, вартість, навчальні дисципліни та джерела завантаження. Найбільш вдалимими, на нашу думку були наступні.

*The Brain AR App* (<https://www.harmony.co.uk/project/the-brain-in-3d/>) містить монопредметні моделі, що дозволяють вивчати голову людини, починаючи від шкіряного покриву, м'язів та черепа до внутрішніх областей мозку. Зовнішній вигляд рекомендовано переглядати в режимі AR, внутрішню ж структуру мозку можна вивчати в двох режимах VR і AR. Програма має інтуїтивний інтерфейс, проте її використання передбачає пояснення вчителя. Учень залишається у ролі спостерігача Адаптація українською мовою – відсутня.

*Geometry – Augmented Reality* (<https://itunes.apple.com/us/app/geometry-augmented-reality/id1309016689?mt=8>) – додаток, розрахований на початкове опанування геометричних фігур, що створює можливості для активних дій учнів та використання ігрових технік. Набір моделей – обмежений (крапка, пряма лінія, трикутник, чотирикутник), однак учень має змогу створити їх самостійно, пересуваючи маркери в реальному середовищі та аналізуючи отриманий результат у доповненому (на екрані пристрою) (рис. 2.3.).

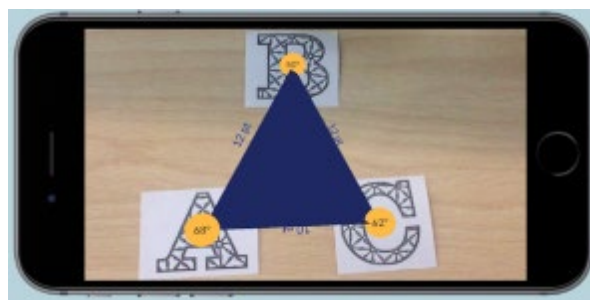


Рис. 2.3. Вивчення елементів трикутника в *Geometry – Augmented Reality*

*Geometry AR* (<https://itunes.apple.com/us/app/geometry-ar/id1329101716?mt=8>) – інструмент перегляду і вивчення геометричних фігур за допомогою технології AR з аналогічною до попереднього додатка назвою, однак з іншим функціоналом. За допомогою *Geometry AR* діти можуть переглядати плоскі й просторові фігури, фактично подорожуючи малюнком для дослідження

фігури з усіх боків. Учні використовують повзунок або кнопки зі стрілками для переміщення списком із понад 25 фігур, що вивчаються в курсі геометрії основної і старшої школи, а також деяких алгебраїчних кривих (тор, еліпс, парабола, гіпербола). Програма містить довідкові матеріали з можливістю звукового супроводу тексту.

*Augmented Reality від GeoGebra* (<https://itunes.apple.com/us/app/geogebra-augmented-reality/id1276964610>) надає учням широкий спектр можливостей для моделювання й аналізу 3D-об'єктів, зокрема поверхонь, утворених шляхом обертання графіків функцій навколо координатної осі.

Цей додаток може успішно використовуватись у класах з поглибленим вивченням математики, оскільки дозволяє демонструвати виконання заданого алгоритму прикладом (алгоритмічні моделі) з можливістю вносити зміни до параметрів. Залежно від вибору реального об'єкта застосування додаток може відображати поліпредметні моделі.

*MozaBook* – колекція моделей для спостереження фізичних процесів, будови хімічних елементів, тіла людини, певної частини світу або історичних експонатів у тривимірному вигляді й прослуховування відомостей про них різними мовами. Учні мають змогу віртуально досліджувати імітаційні та ігрові моделі за допомогою смартфонів. Найбільша перевага цієї програми полягає у супровідному навчальному курсі для вчителів, викладеному в серії вебінарів (<https://edpro.com.ua/webinars>).

Протягом останніх двох років з'явилися або були оновлені AR-додатки, що можуть стати цінними педагогічними інструментами. Ми продовжили огляд додатків з підтримкою технології доповненої реальності. *Atom Visualizer* дозволяє бачити та досліджувати атомні моделі в доповненій реальності за допомогою Google ARCore. *Solar System AR* (ARCore) – подорож Сонячною системою. *ARChemistry* – додаток для візуалізації хімії. Віртуальна колекція *Civilisations AR* містить понад 30 історичних артефактів. Атлас анатомії людини *Human Anatomy Atlas 2021: Complete 3D Human Body* та візуалізація різних станів людського серця *Insight Heart* – зробить незабутнім урок анатомії. Взаємодію з 3D-моделями космічних апаратів і детальну інформацію про реальні космічні місії з минулого пропонує *Spacecraft AR*, а дослідження Землі та Сонячної системи – *Star Chart AR*. Нині зростає кількість комп'ютерних моделей природних процесів і явищ, що дозволяє здійснювати процес аналізу об'єктів, перевірку висновків, уточнювати характеристики, вести спостереження, використовуючи технології AR.

Результати дослідження [85] підтверджують, що інтерфейс доповненої реальності у поєднанні з виконанням просторових завдань створює новий вид навчального середовища, який надає унікальні режими подання 3D контенту, дозволяє учням винаходити, використовувати і змінювати просторові стратегії, розвиває їх просторові здібності та надає вчителям середовище для проєктування й розроблення нового інструментарію для візуалізації математичних понять.

## 2.2.4. Робота з об'єктами доповненої реальності засобами мобільного додатку «BookvAR»

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. 2.4.).

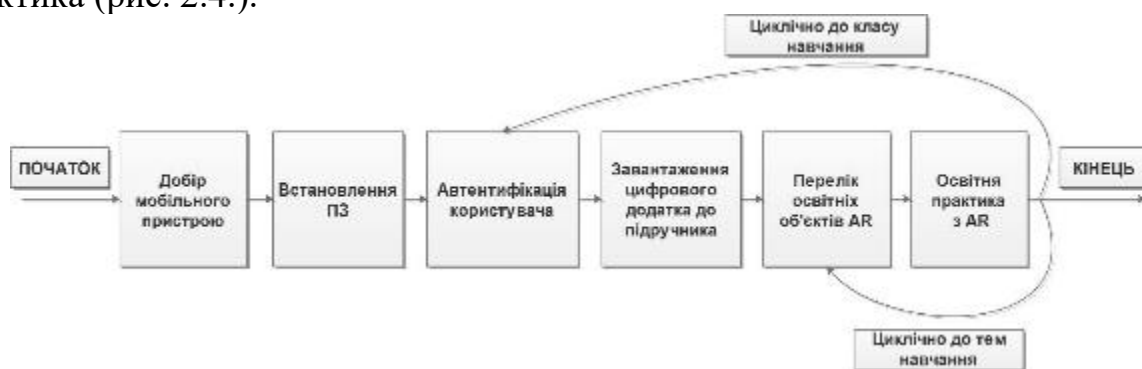


Рис. 2.4. Алгоритм використання об'єктів AR в освітньому процесі

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. 2.5.).

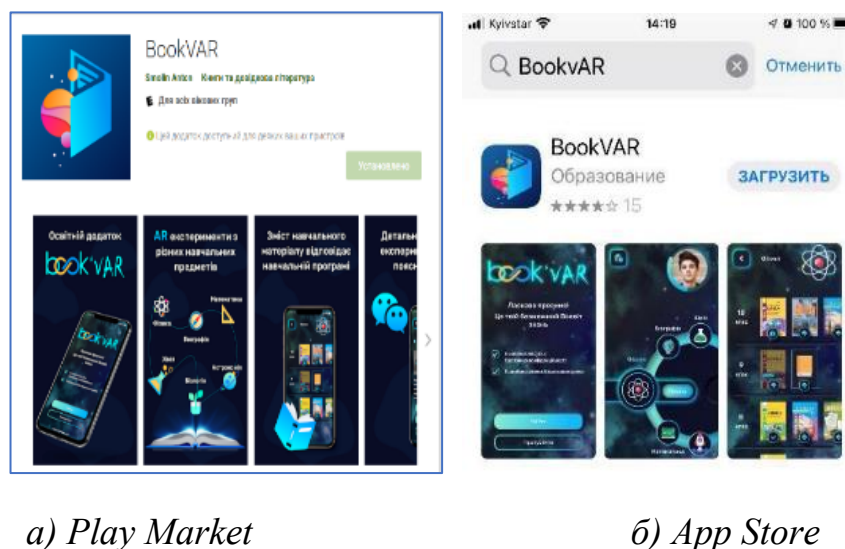


Рис. 2.5. Завантаження програмного забезпечення «BookvAR»

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 (рис. 2.6.).



а) Піктограми підручників



б) Зміст практичних робіт

Рис. 2.6. 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. 2.7.).

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.

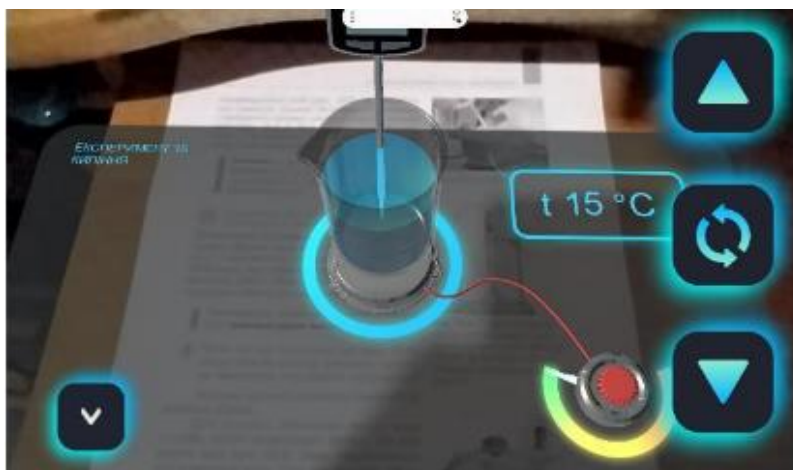


Рис. 2.7. Відтворення освітніх об'єктів AR

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. 2.8.).



Рис. 2.8. Сторінка користувача для роботи з AR



## ГОТОВНІСТЬ ВЧИТЕЛІВ ЗЗСО ДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

---

### **3.1. Дослідження сучасного стану готовності й ставлення вчителів до використання доповненої реальності в освітньому процесі ЗЗСО в Україні**

З метою виявлення тенденцій впровадження доповненої реальності в освітній процес, готовності і зацікавленості вчителів у використанні нових технологій навчання протягом травня 2022 року було організовано і проведено опитування.

Відповідно до зазначеної мети було поставлено такі часткові завдання:

1) визначити ступінь обізнаності вчителів щодо технології доповненої реальності, їх ставлення та очікування від використання об'єктів AR в освітньому процесі;

2) з'ясувати доцільність викладання різних навчальних предметів з використанням AR, потреби в інтеграції об'єктів доповненої реальності у засоби навчання;

3) дослідити думку вчителів щодо основних характеристик, яким повинен відповідати цифровий AR-контент;

4) встановити, чи існує потреба у розробленні AR-додатків та додатковому навчанні вчителів щодо використання цифрового контенту з доповненою реальністю.

З огляду на умови військового стану в Україні анкетування проводилося в форматі онлайн з використанням сервісу Google Forms. Запропонована анкета містила групи питань, об'єднані у два блоки (див. Додаток А):

1. Короткі відомості про учасника опитування та заклад освіти.

2. Готовність до використання технології доповненої реальності.

Результати опрацьовувалися та інтерпретувалися як за всією вибіркою так і за групами. З цією метою було застосовано різні фільтри та їх послідовності в Excel, а також побудовано відповідні діаграми. В опитуванні взяло участь 248 респондентів.

#### ***3.1.1. Основні відомості про учасників опитування, заклади освіти та забезпеченість освітнього процесу технічними засобами***

Віковий розподіл опитуваних був наступним: 36–45 р. – 73 осіб (29,4%); 46–55 р. – 67 (27%); 26–35 р. – 66 (26,6%); 56–65 р. – 34 (13,7%); 20–25 р. – 5 (2%); 66–74 р. – 3 (1,2%) (рис. 3.1.а).

Стаж педагогічної діяльності (рис. 3.1.б) опитаних складав 11–20 р. – 79 (31,9%); 21–30 р. – 69 (27,8%); 6–10 р. – 44 (17,7%); 31 і більше років – 41 (16,5%); найменше респондентів мали досвід до 5 р. – 15 (6%).

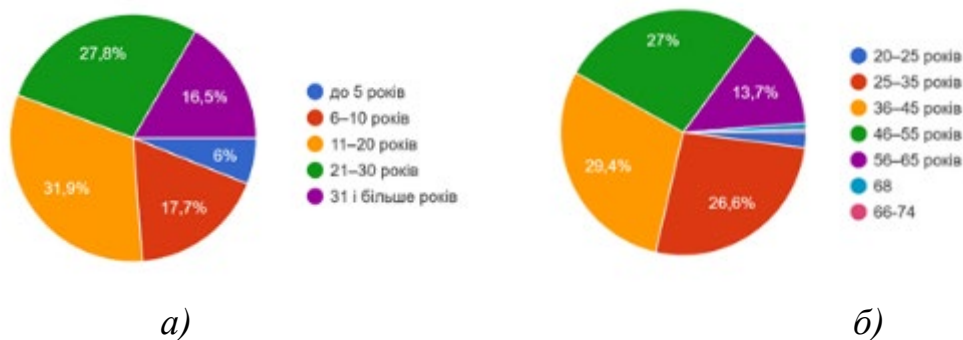


Рис. 3.1. Вікова група та стаж педагогічної діяльності учасників опитування

Серед вітчизняних закладів освіти, які представляли опитуванні вчителі: ліцей – 59 осіб (23,8%); гімназія – 58 (23,4%); спеціалізована школа – 39 (15,7%); ЗОШ – 38 (15,3%); НВК – 25 (10%); санаторна школа – 10 (4%); початкова школа – 9 (3,6%); заклади професійної (професійно-технічної), фахової передвищої освіти – 5 (2%); спеціальна школа – 2 (0,8%); ЗДО – 1 (0,4%); ЗВО – 1 (0,4%); ЗППО – 1 (0,4%).

Більшість цих закладів – 158 (63,7%) – не мали певного профілю/спеціалізації. П'ята частина опитуваних – 48 осіб (19,3%) – працює в спеціалізованих школах з поглибленим вивченням іноземних мов; 15 (6%) – з вивченням української мови і літератури; 5 (2%) – природничих наук; 2 (0,4%) – математики; 2 (0,4%) – математики та англійської мови; 2 (0,4%) – медицини; 2 (0,4%) – філології; 2 (0,4%) – інформаційних технологій. Освітній заклад мистецького профілю; науковий ліцей; ясла-садок комбінованого типу; школа-інтернат для дітей із тяжкими порушеннями мовлення; школа-інтернат для дітей з психоневрологічними захворюваннями; санаторна школа-інтернат; спеціалізована школа представлені по одному вчителю (0,4%).

Під час опитування вчителі зазначили, що викладають інформатику – 91 осіб (36,7%), математику (алгебру, геометрію) – 45 (18,1%), іноземну мову – 36 (14,5%), українську мову та літературу – 28 (11,3%), предмети початкової школи – 21 (8,5%), трудове навчання – 17 (6,9%), біологію – 16 (6,5%), фізику – 15 (6%), історію – 14 (6,5%), географію та природознавство – по 13 (5,2%), хімію – 9 (3,6%), зарубіжну (світову) літературу – 9 (3,6%), малювання – 6 (2,4%), фізкультуру – 4 (1,6%), основи здоров'я – 4 (1,6%), мистецтво – 3 (1,2%), музичне мистецтво – 2 (0,8%), родинні фінанси, фінансово-грамотного споживача, прикладні фінанси, фінансову грамотність – 2 (0,8%), астрономію – 1 (0,4%), розвиток мовлення – 1 (0,4%), хореографію – 1 (0,4%), факультативний курс – 1 (0,4%), – 1 (0,4%), громадянську освіту, правознавство – 1 (0,4%), захист України – 1 (0,4%).

Доцільно зауважити, що 92 учасника (37%) викладають два і більше навчальних предмети. По одному респонденту (0,4%) вказали, що працюють на посаді практичного психолога, соціального педагога, логопеда, вихователя, керівника гуртка та директора школи (рис. 3.2.).

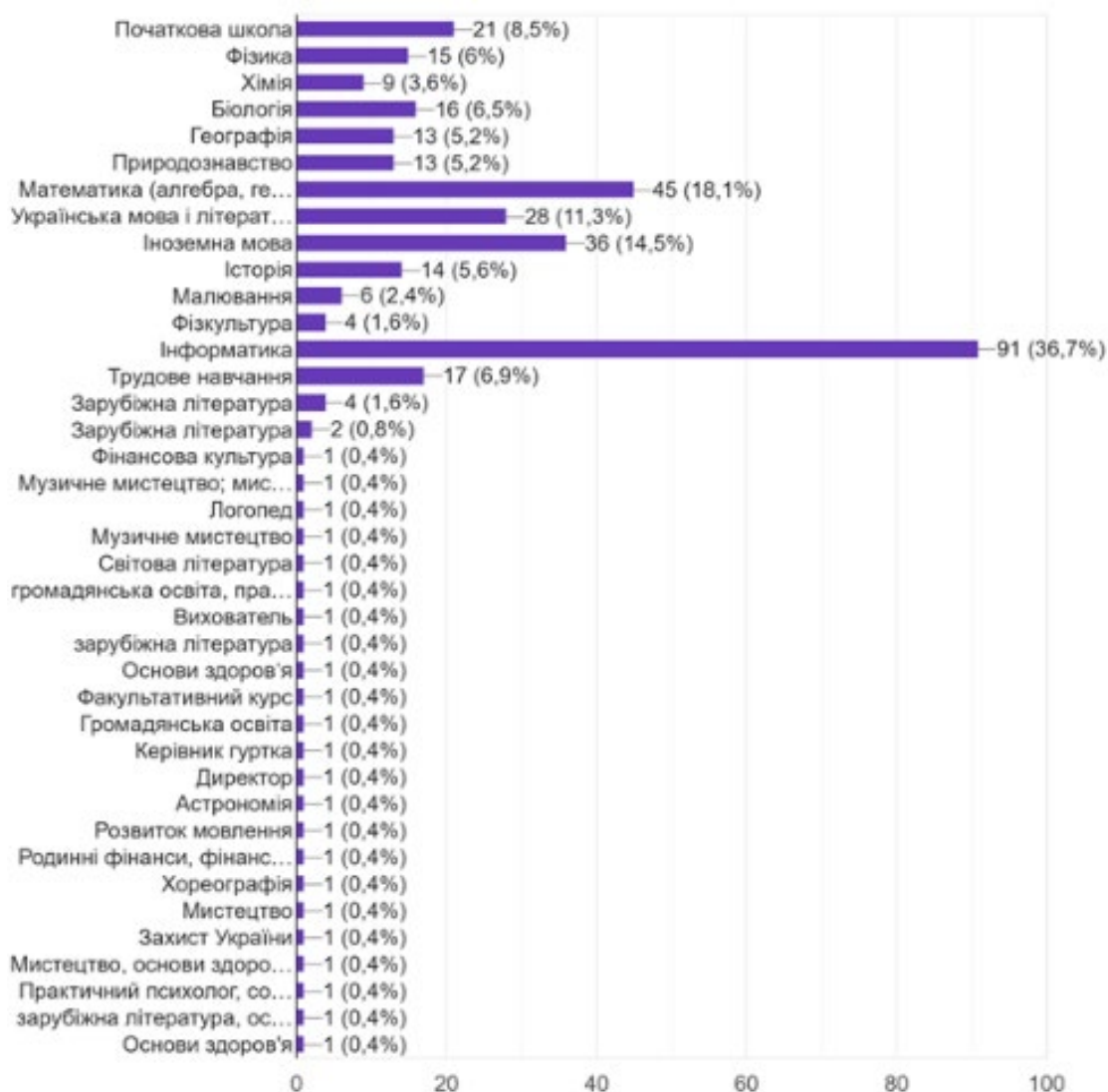
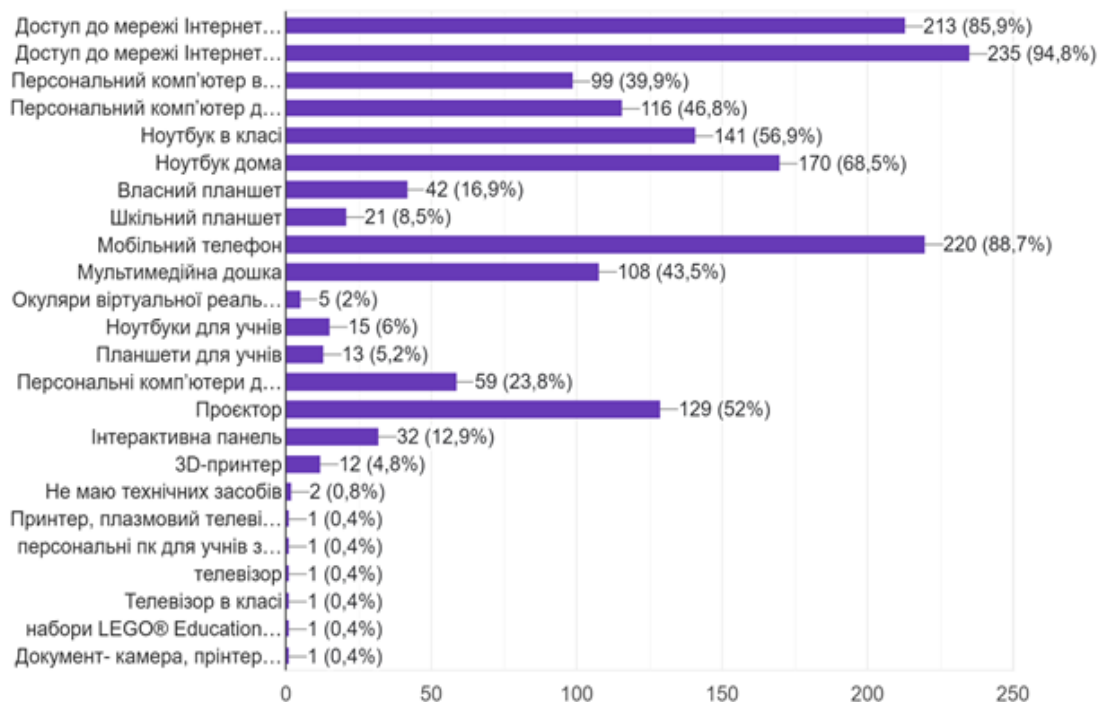


Рис. 3.2. Навчальні предмети, що викладають учасники опитування

Більше половини опитаних вчителів викладає в середній школі, зокрема у п'ятому класі – 168 осіб (67,7%), шостому – 163 (65,7%), сьомому – 171 (69%), восьмому – 162 (65,3%), дев'ятому – 174 (70,2%). Деяко менше – у старшій школі, а саме: у десятому класі – 144 (58,1%), одинадцятому – 141 (56,9%) і лише 14 (5,6%) – у дванадцятому. В анкетуванні взяло участь значно менше вчителів початкової школи: 26 осіб (10,5%) вказали, що викладають у першому класі, 56 (22,6%) – у другому, 58 (23,4%) – у третьому, 65 (26,2%) – у четвертому.

Щодо забезпечення освітнього процесу технічними засобами навчання (рис. 3.3.), можна констатувати, що переважна більшість вчителів нині забезпечена доступом до мережі Інтернет як у класі – 213 (85,9%), так і вдома – 235 (94,8%). Мобільні телефони на уроці використовує 220 осіб (88,7%), ноутбуки домашні – 170 (68,5%), а класні – 141 (56,9%). Близько половини опитаних 116 (46,8%) має персональний комп'ютер дома і до 40% (99 осіб) – у класі, однак планшетів використовується значно менше: власних – 42 (16,9%), шкільних – 21 (8,5%).

Лише 32 учасника (12,9%) повідомило про наявність персональних комп'ютерів для учнів, 15 (6%) – учнівських ноутбуків та 13 (5,2%) – планшетів.



*Рис. 3.3. Забезпеченість вчителів технічними засобами для здійснення освітнього процесу*

129 (52%) вчителів вказали, що мають змогу користуватись проектором, 108 (43,5%) – мультимедійною дошкою, 32 (12,9%) – інтерактивною панеллю, 12 (4,8%) – 3D принтером, 5 (2%) – окулярами віртуальної реальності, 2 (0,8%) – телевізором у класі та лише 1 (0,4%) – наборами LEGO® Education SPIKE™ Prime.

Повну відсутність технічних засобів навчання зазначили лише 2 респонденти, що складає 0,8% опитаних. Відповідь нас здивувала, оскільки один з них викладає інформатику.

### ***3.1.2. Обізнаність вчителів щодо технології доповненої реальності та попередній досвід її використання***

Важливим кроком до повсюдного впровадження AR в освітньому процесі є обізнаність вчителів, опанування та використання ними цієї технології для досягнення мети навчання і задоволення освітніх потреб здобувачів. Аналізуючи відповіді на запитання «Чи знаєте Ви про доповнену реальність?», можемо відмітити, що переважна більшість вчителів вже знає (92 (37,1%)) або чули про неї (79 (31%)) і навіть використовували на деяких заняттях (26 (10,5%)). Також про зацікавленість технологією свідчить те, що 23 (9,3%) встановлювали AR-додатки на мобільний пристрій для ознайомлення або використовували у соцмережах з розважальною метою – 4 (1,6%). Лише 24 (9,7%) особи вказали, що

не знають, що це (рис. 3.4.а). Тривожним є факт, що серед учителів-респондентів, які викладають інформатику і не знають про технології AR – 4 особи; лише чули про AR – 17. Разом це складає 23% учителів інформатики. Відповідно не можуть визначитися, не мають, скоріш не мають досвіду використання AR – близько 64%.

З іншого боку, слід наголосити, що лише незначна частка всіх опитаних вчителів має попередній практичний досвід використання доповненої реальності в освітній практиці. «Так» або «Скоріше так» відповіли 59 респондентів, що становить близько чверті опитаних (23,8%). 189 (76,2%) вчителів не використовували технологію AR взагалі (рис. 3.4.б).

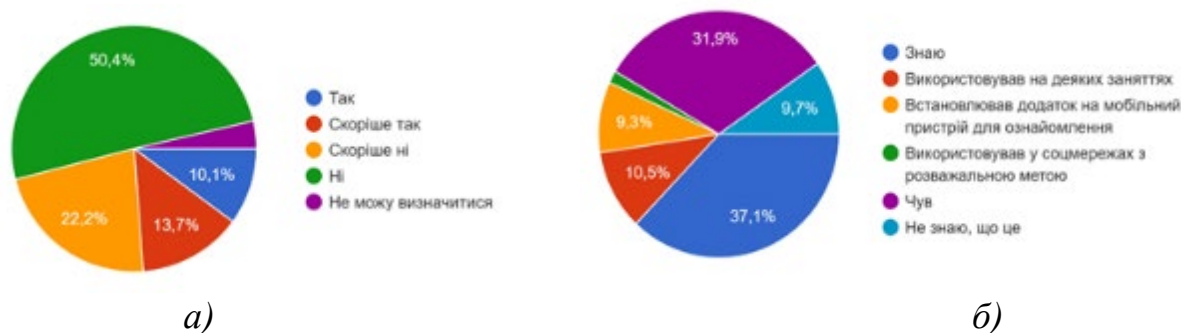


Рис. 3.4. Обізнаність вчителів щодо технології доповненої реальності та попередній досвід її використання

На прохання коротко описати ситуацію, в якій було використано доповнену реальність, було зазначено такі випадки її застосування в освітньому процесі:

- «на уроках математики і «Я досліджую світ» в початковій школі»;
- «використання 3D моделей просторових фігур, просторових тіл, перерізів та ін. на уроках геометрії»;
- «використання 3D моделей з сайту «Mozaik» (<https://www.mozaweb.com/uk/>)»;
- «використання сайту «Фізика Анімації/Симуляції» (<https://www.vacak.cz/physicsanimations.php?l=ua>)»;
- «використання розробки BookVar, ілюстрування експериментів з підручника»; «для проведення віртуальних екскурсій»;
- «під час вивчення теми «Будова атома» на уроках хімії»;
- «у ході вивчення теми з мистецтва «Архітектура» і теми з технологій (трудового навчання) «Пряничний будинок»»;
- «для розгляду будови Землі на уроках географії та використання ресурсу "Планета Земля"»;
- «використання віртуального музею на уроках літератури при вивченні біографії письменника та епохи»;
- «використання мобільних AR-додатків на уроках у 1-му класі при вивченні алфавіту та у 8-му класі при вивченні визначних місць Великобританії»;

- «демонстрування учням технології AR на уроках з теми «Доповнена реальність» у межах викладання курсу інформатики»;
- використання на уроках інформатики при вивченні теми «Інформаційні технології в суспільстві», а також демонстрування можливостей таких додатків колегам (робота з картками з доповненою реальністю для початкової школи)»;
- «використання на уроках інформатики при вивченні теми «Об'єкти, властивості об'єктів»»;
- «використання маркерної реальності при розміщенні маркерів на сторінках підручників».

Респонденти зазначають, що застосовують AR з такою метою:

- «для візуалізації матеріалу»;
- «у поясненні нового матеріалу»;
- «використання з метою створення ситуації захоплення, зацікавити і спонукати до виконання «нудних» задач»;
- «при виконанні і перевірці домашніх завдань»;
- «у проведенні виховних занять»;
- «для здійснення проєктної діяльності»;
- «під час командної роботи».

До того ж, вчителі вказували на використання AR у процесі самоосвіти:

- «проходила дистанційний курс, виконані завдання демонструвала учням»;
- «прослухала курс І. Іванова»;
- «вивчала на курсах РОІППО»;
- «ознайомлювався на Міжнародному форумі освітян "Е2"»;
- «застосовував симуляції у соцмережах».

Враховуючи, що біля 10% осіб зазначили своє «не знання» про технологію доповненої реальності (далі «особи НЗ»), подальший аналіз результатів окремих питань ми проводили з урахуванням цього факту. Зазначимо, що чітка кореляція з належністю до вікової групи в даному випадку не спостерігалась (1 особа 20–25 р., 9–25–35 р.; 3–36–45 р.; 9–46–55 р.; 2–56–65 р.).

### ***3.1.3. Ставлення, зацікавленість та очікування вчителів від використання технології доповненої реальності в освітньому процесі***

Для досягнення мети успішного впровадження AR і ефективного навчання учнів з її використанням важливим аспектом є позитивне налаштування, мотивація і бажання до змін в освітньому процесі, а також його вдосконалення. Дослідження показало (рис. 3.5.а), що більше половини – 148 (58,1%) – вчителів має однозначно позитивне ставлення до використання доповненої реальності у процесі навчання, 82 (33,1%) – вбачають за доцільне її застосування на окремих заняттях, а 6 респондентів в (2,4%), що потрібно на всіх предметах. 3 (1,2%) вчителів висловили думку, що ця технологія підійде краще у професійному навчанні, 2 (0,8%) – тільки на природничих предметах, 2 (0,8%) – з

реабілітаційною (корекційною) метою. 8 (3,2%) опитаних зазначили, що не можуть визначитися, оскільки або не знайомі з AR, або їм байдуже (1 (0,4%).

Серед осіб НЗ спостерігаємо більшою мірою позитивне ставлення (54%) та зацікавленість (71%) до використання AR у власній професійній діяльності.

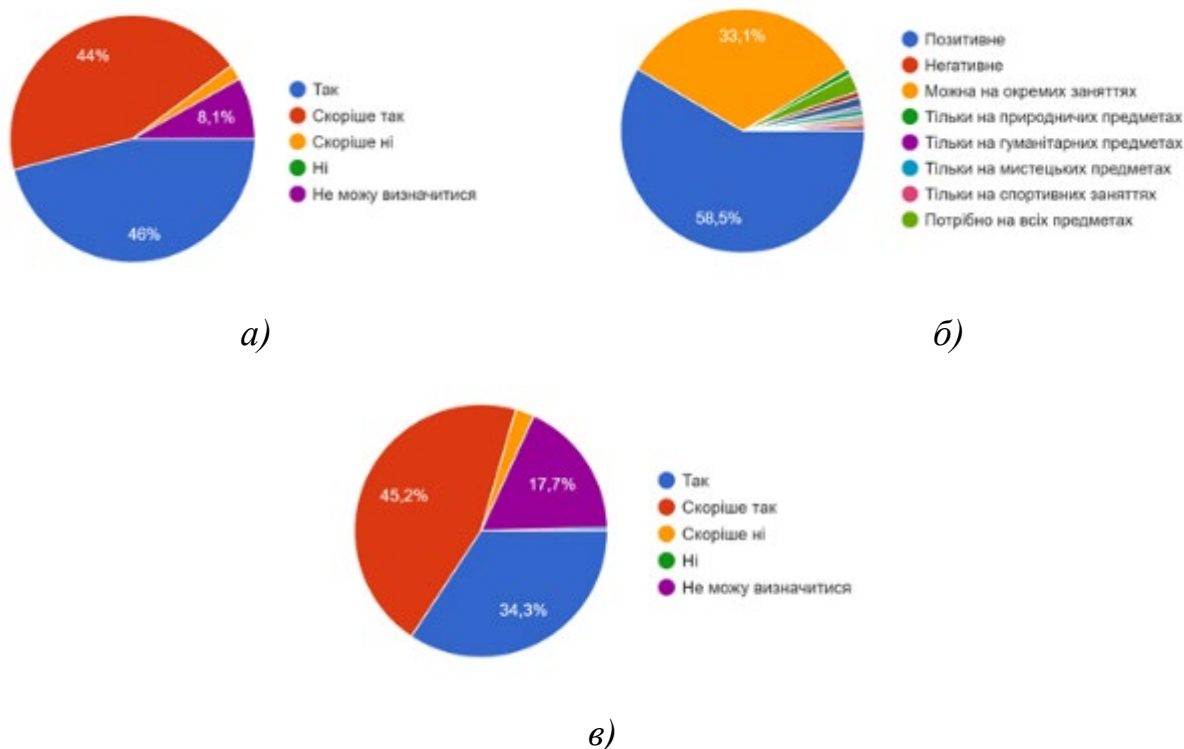


Рис. 3.5. Ставлення, зацікавленість та очікування вчителів у використанні технології доповненої реальності в освітньому процесі

а) «Ваше ставлення до використання доповненої реальності для навчання»;

б) «Чи зацікавлені Ви у використанні доповненої реальності?»;

в) «На Вашу думку, чи матиме ця технологія позитивний ефект на навчальні досягнення та мотивацію учнів в процесі опанування навчального матеріалу?»

Стосовно зацікавленості у використанні доповненої реальності (рис. 3.5.б), спостерігається загальна позитивна тенденція: сумарно 223 (90%) респондентів надали відповіді «так» і «скоріше так», 20 осіб (8,1%) не змогли визначитись, і лише 5 (2%) вказали «скоріше ні». Слід відмітити, що однозначної байдужості у цьому питанні не висловив жоден вчитель.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що переважна більшість вчителів очікує позитивний ефект цієї технології на навчальні досягнення та мотивацію учнів у процесі опанування навчального матеріалу (рис. 3.5.в). Сумарно «так» і «скоріше так» відповіло 197 (79,5%) респондентів. П'ята частина опитаних – 50 (20,1%) висловлює негативні прогнози щодо впливу AR учнів («ні», «скоріше ні»). Один респондент висловив думку, що широкому впровадженню таких новітніх технологій, як доповнена реальність, має передувати оновлення існуючої матеріально-технічної бази, зокрема заміна

застарілих персональний комп'ютерів у класах. Проте, використання AR не вимагає застосування ПК і у більшості випадків орієнтовано тільки на мобільні пристрої.

### 3.1.4. Доцільність викладання різних навчальних предметів з використанням AR й інтеграції об'єктів доповненої реальності у засоби навчання та наочність

Для з'ясування думки освітян, які ж навчальні предмети з використанням доповненої реальності доцільно викладати в школі, було запропоновано варіанти відповідей, представлених на рис. 3.6.

З'ясувалося, що 109 (44%) вчителів вбачають доречність використання такої технології у викладанні всіх предметів, зокрема в пріоритеті природничий цикл: фізика й астрономія – 113 (45,6%), біологія та основи здоров'я – 105 (42,3%), географія – 100 (40,3%).

Близько третини опитуваних обрали такі предмети, як хімія – 89 (35,9%), природознавство і екологія – 84 (33,9%), мистецтво (образотворче і музичне) – 75 (30,2%), інформатика – 71 (28,6%).

Дещо менше респондентів обрало такі предмети, як математика (алгебра і початки аналізу та геометрія) – 60 (24,2%), історія України / всесвітня історія – 59 (23,8%), технології (трудове навчання) – 46 (18,5%), креслення – 42 (16,9%), іноземна мова і зарубіжна література – 30 (12,1%), українська мова і література – 24 (9,7%), фізична культура / захист України – 13 (5,2%) та правознавство – 11 (4,4%).

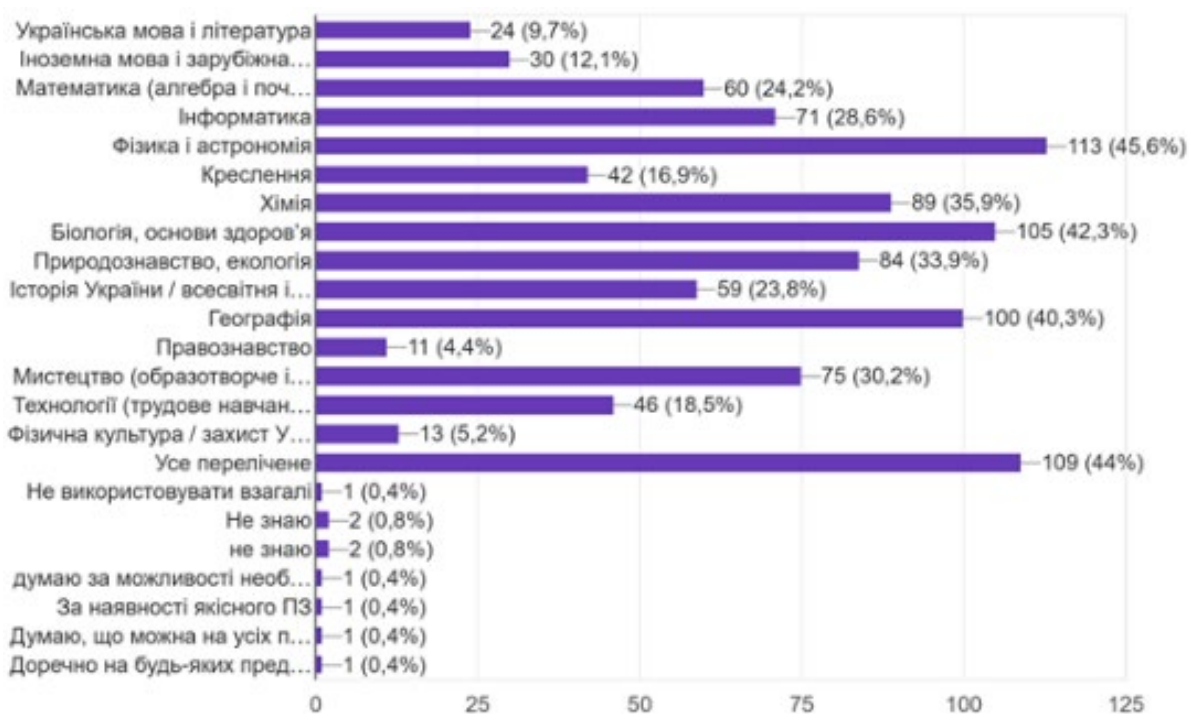


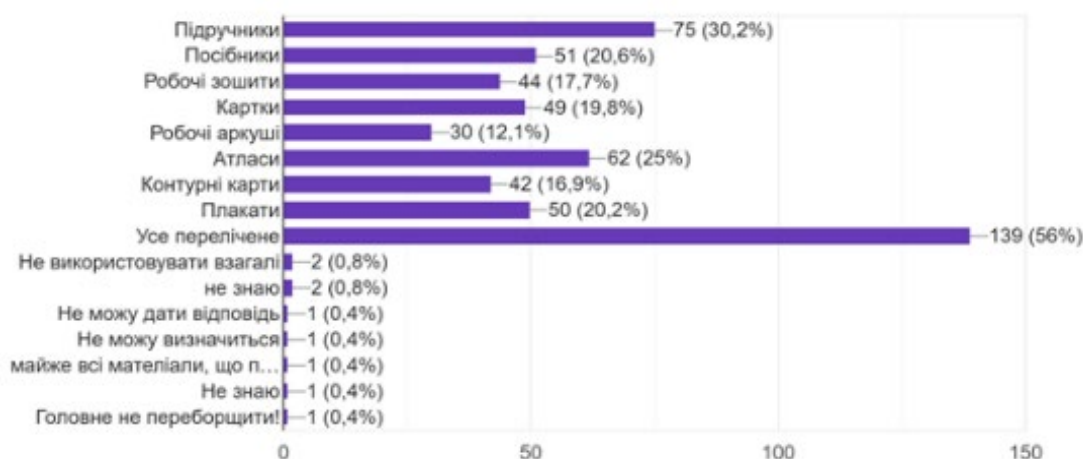
Рис. 3.6. Доцільність викладання різних навчальних предметів з використанням AR



Не визначились лише 4 (1,6%) особи. Один (0,4%) вчитель не вважав за доцільне використовувати AR взагалі, однак відповідями цього респондента можна знехтувати, оскільки протягом всього дослідження він демонстрував суперечливе власне ставлення до предмету опитування. Так, наприклад, він не знає про AR, не може визначитися щодо позитивного ефекту використання цієї технології, відзначає своє позитивне ставлення до її використання, висловлюється про необхідність інтегрування її об'єктів у всі засоби навчання і наочність, але вважає, що її недоцільно використовувати взагалі на жодному з навчальних предметів.

Резюмувати ж загальну тенденцію можна відповіддю одного з опитуваних вчителів, який зазначив: *«вважаю, за можливості, необхідно використовувати всі засоби, що дозволять зробити урок цікавим і доступним, та намагатись якомога більше розширювати кругозір учнів і вчителів».*

Важливу роль у викладанні будь-якого предмету відіграють засоби навчання і наочність. Вбудовування AR об'єктів у такі засоби має бути ретельним і доцільним. У ході дослідження було поставлено запитання *«У які засоби навчання або вид наочності доцільно інтегрувати доповнену реальність?»* (рис. 3.7.).



*Рис. 3.7. Доцільність інтегрування AR об'єктів у засоби навчання та наочність*

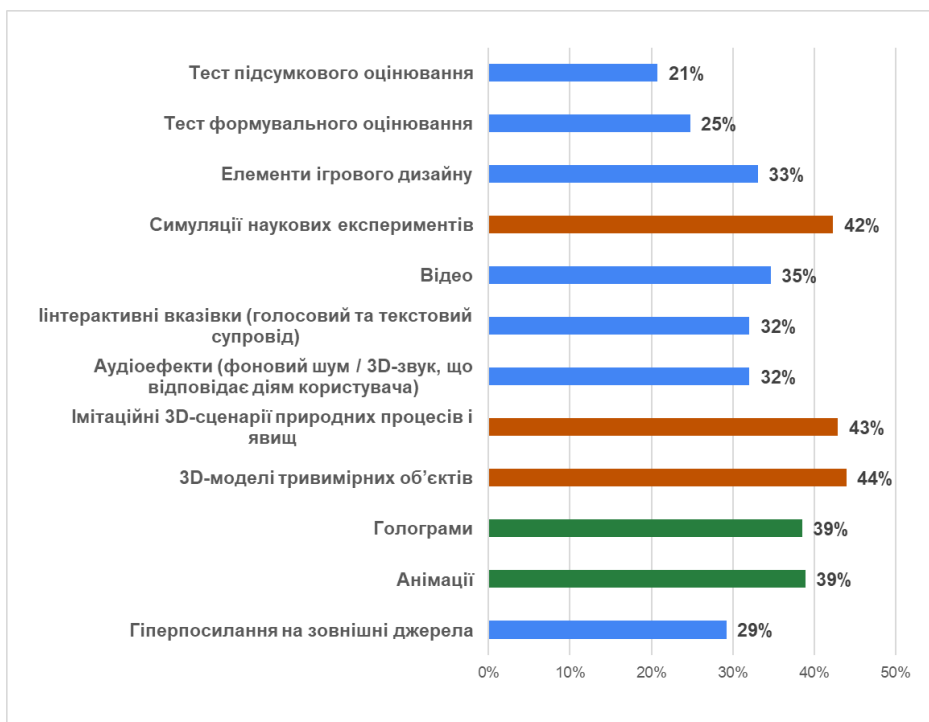
Отримано наступний розподіл: підручники – 75 (30,2%), атласи – 62 (25%), посібники – 51 (20,6%), плакати – 50 (20,2%), картки – 49 (19,8%), робочі зошити – 44 (17,7%), контурні карти – 42 (16,9%), робочі аркуші – 30 (12,1%).

Більше половини опитуваних – 139 (56%) – підтримали всі запропоновані варіанти, 2 (0,8%) – пропонують не використовувати взагалі, а 5 (2%) – не змогли визначитися.

### **3.1.5. Оцінювання вчителями характеристик цифрового контенту з доповненою реальністю**

Одним з найважливіших аспектів впровадження технології доповненої реальності в освітню практику є розуміння вчителями форм та методів

застосування її для досягнення цілей уроку. Саме доцільність використання такого освітнього цифрового контенту дозволить забезпечити неперервність навчання, удосконалить візуалізацію об'єктів живої та неживої природи (рис. 3.8.).



*Рис. 3.8. Доцільність використання цифрового контенту на базі технології доповненої реальності*

Аналізуючи сучасний освітній контент і результати опитування вчителів, з'ясовано, що в освітній практиці не вистачає 3D-моделей просторових об'єктів – 44%; імітаційних 3D-сценаріїв природних процесів і явищ – 43% та симуляцій наукових експериментів – 42%, що можна реалізувати за допомогою доповненої реальності і надати доступ кожному учню для використання в навчанні, зокрема за дистанційною формою навчання або змішаною.

До ключових переваг доповненої реальності в реалізації освітнього контенту необхідно віднести анімацію – 39% та голограми – 39%. Такий вибір вчителів обумовлений необхідністю послідовного викладу матеріалу, що важко реалізувати в умовах дистанційної форми навчання. Анімація, доступна кожному учню, могла б вирішити низку педагогічних проблем саме за цих обставин.

Не дивлячись на привабливість цифрового контенту створеного за цією технологією, необхідно наголосити на виключно важливому питанні його якості та визначити основні характеристики з метою створення методики оцінювання для закладів загальної середньої освіти (рис. 3.9.).



*Рис. 3.9. Оцінювання вчителями характеристик цифрових об'єктів з доповненої реальності*

На думку вчителів, такий цифровий контент має бути доступним для завантаження на мобільні пристрої учнів (45%), бути інтуїтивно зрозумілим (44%) та з якісною графікою, зображеннями, анімацією і відео (43%). Значна кількість опитаних (42%) зазначають про необхідність збереження результатів навчання учнів (формульованого та підсумкового оцінювання). Вони вказують на необхідність організації доступу до хмарного середовища для аналізу результатів самостійного навчання учнів. Не залишилися без уваги такі характеристики, як наукова обґрунтованість і відповідність термінології, законам, формулам, правилам – 41%, якість зображень та їхня відповідність реальним об'єктам – 41%. Важливою характеристикою залишається відповідність віковим особливостям учнів – 40%, оскільки розробники мають створити дизайн, що відповідає соціальній свідомості користувачів.

### ***3.1.6. Потреба у розробленні AR-додатків та додатковому навчанні вчителів***

Важливою для дослідників була думка педагогів щодо доцільності розроблення AR-додатків з предметів, що ними викладаються (рис. 3.10.). Переважна більшість, сумарно 213 (85,8%), надала позитивну відповідь, конкретизуючи, що така потреба викликана відсутністю або крайньою недостатністю навчальних вебдодатків з доповненою реальністю – 138 (55,6%) або ж невідповідністю наявних екземплярів потребам освітнього процесу – 75 (30,2%). Зокрема цікавою є думка респондента, який зазначив: *«Додатків багато, але вони зовсім не синхронізовані. Це певною мірою надає свободу вибору, однак не враховується в системах конкурсів і олімпіад, які й досі прив'язані не до досягнення результату, а до використання певних програм»*.

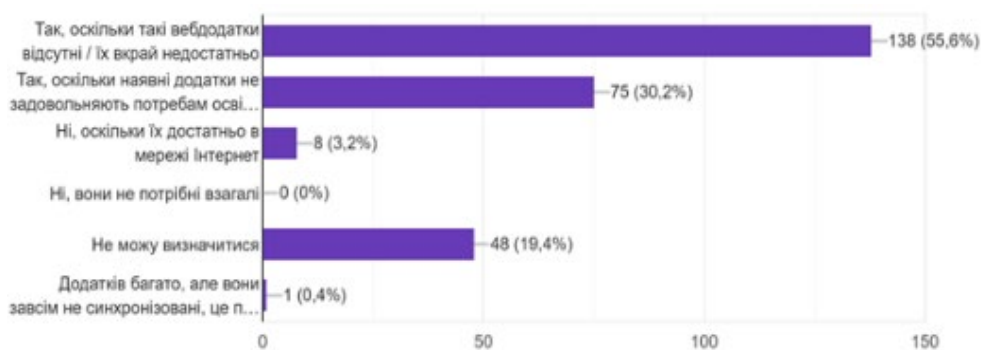


Рис. 3.10. Доцільність розроблення AR додатків

8 (3,2%) осіб вважає, що таких програмних засобів цілком достатньо в мережі Інтернет, а 48 (19,4%) – не змогли визначитись. Слід відмітити, що жоден з респондентів не надав категоричної негативної відповіді.

Якісне здійснення освітнього процесу з використанням AR, у першу чергу, вимагає належної підготовки вчителів (рис. 3.11.).

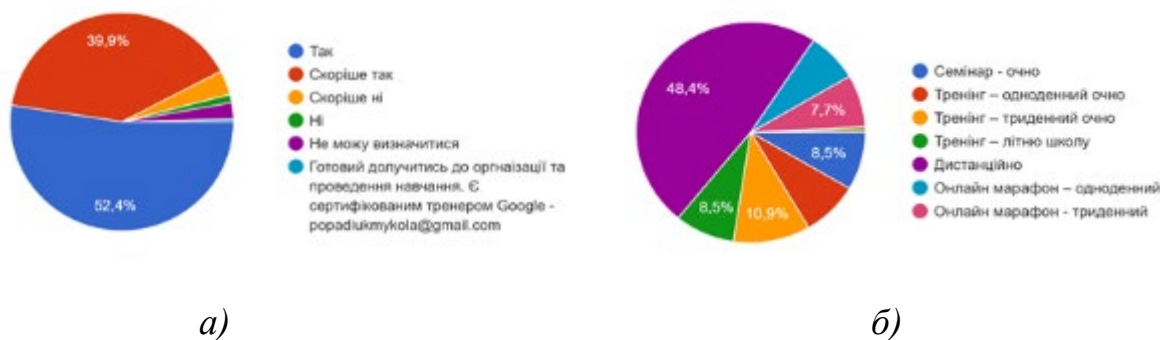


Рис. 3.11. Потреба у додатковому навчанні вчителів щодо використання AR

На запитання «Чи потребуєте Ви додаткового навчання (вебінари, тренінги, курси, методичні матеріали) щодо використання технології доповненої реальності в освітньому процесі?» значна частка опитуваних 230 (92,7%) надали позитивну відповідь, зокрема один респондент виявив бажання долучитись до його організації та проведення, оскільки є сертифікованим тренером Google. 12 (4,8%) осіб такої потреби не відчувають, а 6 (2,4%) – не змогли визначитись.

В умовах військового стану в Україні майже для половини вчителів – 120 (48,4%) – таке навчання було б зручніше пройти дистанційно.

Інші учасники опитування надали б перевагу таким формам навчання:

- тренінг (триденний очно) – 27 (10,9%), тренінг (літню школу) – 21 (8,5%), тренінг (однорічний очно) – 20 (8,1%);
- семінар (очно) – 21 (8,5%), онлайн марафон (триденний) – 19 (7,7%), онлайн марафон (однорічний) – 19 (7,7%).

Вважаємо слушною думку одного з опитуваних: «Звісно очний формат був би доцільнішим і передбачав би не лише семінар, але й набір практикумів. Однак у сучасних обставинах (щодня ракети) вважаю, що збирати людей в одному місці – дуже небезпечно.»

## ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНІХ ОБ'ЄКТІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

---

2021 року 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 Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України 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 (автор: В. Д. Сиротюк; за редакцією: В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий), а також 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-підтримки друкованих підручників з предметів фізика, хімія, біологія та географія у короткостроковій перспективі, а в довгостроковій – планується підтримка інших предметів.

Під час експертизи було сформульовано низку вимог, що повинні бути враховані при проєктуванні і створенні освітніх об'єктів AR, зокрема:

- розробники мають дотримуватись класичних, науково обґрунтованих підходів до демонстрації дослідів, процесів;
- процес відтворення об'єкту AR, зокрема процеси, досліди 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, досліду);
- 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.

З метою активного впровадження в ЗЗСО підручників, посібників та робочих зошитів з об'єктами AR, в додатках до них необхідно зазначати:

- рекомендації щодо базових характеристик засобів навчання;
- вимоги до мобільних пристроїв (планшетів, мобільних телефонів), зокрема розмір екрана, наявність доступного вільного місця (не менше 1 ГБ) та необхідність підключення до мобільної мережі без тарифікації трафіка;

- 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;
- чіткі покрокові інструкції із встановлення програмного забезпечення;
- потребу в наявності електронної скриньки (наприклад, Gmail) для реєстрації та отримання облікового запису користувача;
- посилання на санітарно-гігієнічні норми щодо тривалості використання AR під час навчання.

#### 4.1. Критеріально-показникова матриця визначення якості освітніх об'єктів доповненої реальності

Аналізуючи результати, отримані вченими Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України у ході дослідження авторським колективом розроблена критеріально-показникова матриця визначення якості освітніх об'єктів AR, що містить критерії, показники та вагові коефіцієнти. Показники було деталізовано як систему індикаторів (табл. 4.1.).

*Таблиця 4.1.*

#### Критеріально-показникова матриця визначення якості освітніх об'єктів AR

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

Термін «критерій» походить від латинського *criterium* і в сучасному словнику іншомовних слів визначається як засіб судження, ознака, на основі якої відбувається оцінювання, визначення, класифікація чого-небудь; мірило [86]. Термін «показник» українського походження і в словнику української мови визначається як свідчення, доказ чого-небудь<sup>5</sup>. Для визначення різних варіантів прояву показника було застосовано термін «індикатор». З огляду на це в таблицях 4.2-4 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

<sup>5</sup> <http://sum.in.ua/s/pokaznyk>

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.

За результатами опитування експертів<sup>6</sup> 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 4.2.

### 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 «Молодець», «Добре», «Відмінно»	0,091	

<sup>6</sup> <https://forms.gle/HPglEV1rUQzAogoX6>

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
			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



**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
		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-Відбувається одночасна візуалізація всього процесу 2-Процес відбувається динамічно з логічною послідовністю	

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
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 4.4.

### 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)	Відповідає віковим особливостям користувача	1-Не відповідає віковим особливостям користувача 2-Частково відповідає віковим особливостям користувача 3-Повністю відповідає віковим особливостям користувача	0,115
		Ідентифікування AR в підручнику або зошиті	1-Не ідентифікується в підручнику або зошиті	

№	Показник	Індикатор	Оцінювання	Ваговий коефіцієнт
			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	
		Зв'язок теорії з практикою	1-спостерігається невідповідність теорії і практики 2- спостерігається відповідність теорії і практики	
3.	10.Дидактичні функції (Р 3.3)	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:

$$\Sigma = P_{1.1} * 0,11 + P_{1.2} * 0,091 + P_{1.3} * 0,072 + P_{2.1} * 0,105 + P_{2.2} * 0,95 + P_{2.3} * 0,115 + P_{2.4} * 0,112 + P_{3.1} * 0,091 + P_{3.2} * 0,095 + P_{3.3} * 0,115.$$

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

Аналізуючи сумарний показник  $\Sigma$  - **бал**, можна визначити відповідність вимогам:

- від 2,5 до 3,3 бала – не задовольняють вимогам якості;
- від 3,4 до 4,4 бала – потребують ґрунтовного 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 ґрунтовного 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,

свою чергою, забезпечить інноваційність навчання, розвиток цифрових компетентностей учителів і учнів та пізнавального інтересу до такого складного та цікавого предмету, як фізика.

#### 4.2. Оцінювання 3D-моделей доповненої реальності в навчальній друкованій продукції

У ході розгляду зарубіжних і вітчизняних наукових публікацій було встановлено, що до об'єктів доповненої реальності можуть бути віднесені аудіо та відео файли, анімації, текст, гіперпосилання, тести, 3D-зображення, 2D-зображення, 3D-моделі та ігровий контент [29]. З огляду на те, що технологія доповненої реальності – це накладання комп'ютерного об'єкта на реальний простір – особливі вимоги до візуалізації 2D-зображень (фото, картин, рисунків, плакатів, вивісок, ілюстрацій, рисунків, малюнків) не висуваються, оскільки вони не потребують додаткового модифікування у спеціальних програмах. З огляду на це, увагу доцільно приділити тривимірним об'єктам.

Конкретизуємо різницю між поняттями «3D-зображення» і «3D-модель». *3D-зображення* – це зображення, що викликає ілюзію об'єму, відчуття рельєфності та глибини за рахунок особливостей зору. Розрізняють два їхні формати: стереопару та анагліф, з якими учні та вчителі вже можуть бути ознайомлені.

*Стереопарою* називають пару плоских графічних зображень одного й того ж об'єкта зроблену з різних ракурсів для досягнення ефекту об'єму. Такий ефект виникає через те, що розташовані на різній відстані від спостерігача частини сюжету при перегляді з різних точок мають різне кутове зміщення (явище паралакса). Прикладом можуть слугувати популярні автостереограми (рис. 4.1.), обидві частини стереопари якої знаходяться в одному зображенні (*англ. Single Image Stereogram, SIS*) і реалізовані накладанням за допомогою лентикулярного друку (безокулярна сепарація зображень).

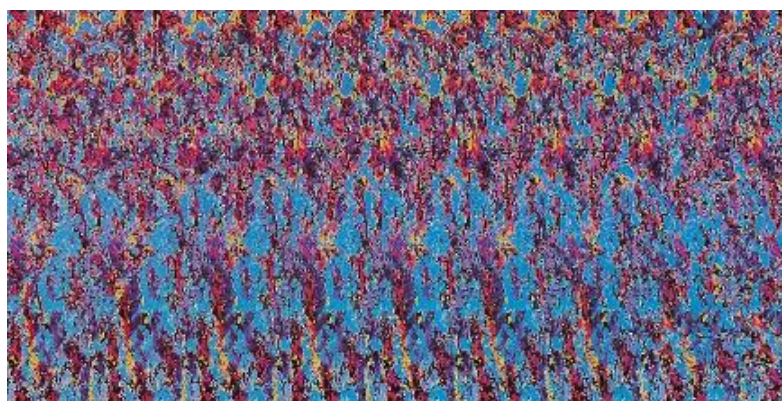
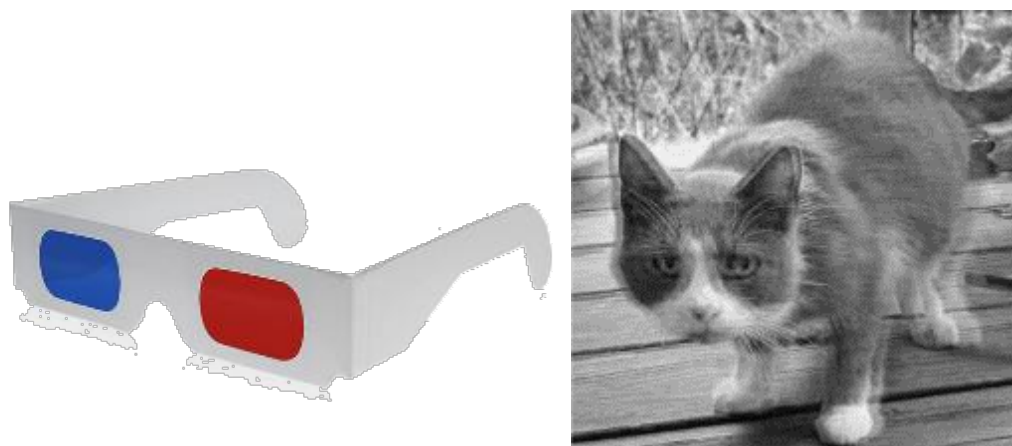


Рис. 4.1. Автостереограма<sup>7</sup> – 3D-зображення

*Анагліф* – це спосіб досягнення ефекту 3D з використанням методу колірного кодування зображень. Ефект досягається під час використання

<sup>7</sup> <https://www.makeuseof.com/tag/easystereogrambuilder-generate-magic-eye/>

спеціальних анагліфічних окулярів, у яких для правого ока – світлофільтр синього кольору, а для лівого – червоний (рис. 4.2.).



*Рис. 4.2. Анагліф – 3D-зображення<sup>8</sup>*

Слід відмітити, що вказані формати не знайшли застосування в освітньому процесі, а набули популярності як ігровий контент. Обумовлено це недоцільністю друкування закодованих зображень, які не забезпечують дидактичну складову освітнього процесу.

У свою чергу *3D-модель* – це створена за допомогою спеціальних програм об'ємна фігура (рис. 4.3.), візуалізація якої передбачає добір і налаштування текстур, освітлення, тіней, довкілля (за потреби) та ін.



*Рис. 4.3. 3D-модель оленя<sup>9</sup>*

Аналізуючи об'єкти живої і неживої природи, приходимо до висновку, що в доповненій реальності відбувається візуалізація саме 3D-моделей. Вони набули

---

<sup>8</sup> <https://www.jnsm.com.ua/cgi-bin/u/book/sis.pl?Article=1297&action=show>

<sup>9</sup> <https://www.google.com/>

популярності завдяки тому, що візуалізовані об'єкти стають набагато реалістичнішими ніж ті, що створені на основі звичайних креслень і зображень.

Для забезпечення якості освітнього процесу на предметах природничого циклу важливу роль відіграє наочність, яку можна відтворити за допомогою доповненої реальності. Наприклад, у процесі вивчення розділу домашні тварини існує можливість легкого відтворення 3D-моделі кішки або собаки, яка рухається і повторює поведінку живої тварини.

У пошуковій системі Google вже реалізовано пошук 3D-моделей, оскільки така наочність максимально наближає освітній простір до реальних життєвих умов і робить навчання зрозумілішим.

Для розроблення успішних і високоефективних AR-систем, що можуть бути використані в освітній практиці, оцінювання їх користувачами і наявність зворотного зв'язку мають первинне значення [87].

Формування вимог до візуалізації навчальних 3D-моделей є актуальним і важливим як для розвитку цифрового контенту, так і для підвищення якості освіти. З огляду на це, одним із основних питань, що постає нині перед експертами і вчителями – визначення якості 3D-моделей для подальшого ефективного використання в освітньому процесі. Аналізуючи їхні характеристики щодо візуалізації доповненої реальності виокремимо такі критерії й показники їх оцінювання (табл. 4.5.).

Таблиця 4.5.

#### Основні критерії й показники оцінювання якості 3D-моделей доповненої реальності

Критерії	Показники	
Загальний	Відповідність змісту освіти	
	3D-модель реального світу	
	Візуалізація в 6 проєкціях	
	Передбачена декомпозиція моделі	
	Наявна термінологічна підтримка	
Моделювальний	NURBS	Високотехнологічне
	Полігональне	Низькополігональне
		Середньополігональне
		Високополігональне
Відображальний	Каркасне	
	Поверхневе	
	Твердотільне	
Текстурний	Шовна	
	Безшовна	
Освітлювальний	Типове освітлення	Дисперсійне
		Спрямоване
		Точкове
		Конічне
Нетипове освітлення		
Маніпуляційний	Один палець	
	Два пальці	
Користувацький	Стоячи	
	Сидячи	

Анімаційний	За траєкторією	
	Динамічна	
	Реалістична	
	Ручна	
	Обличчя	
Технологічний	Підтримування кількох ОС	
	Режим збільшення-зменшення	
	Відтворення на будь-якій поверхні	
	Період затримки	Низький
		Середній
		Високий
Кількість користувачів	Однокористувацький	
	Багатокористувацький	

Деталізуємо запропоновані підходи і розглянемо основні характеристики 3D-моделей доповненої реальності:

- їх легко можна співставити з об'єктом реального світу;
- візуалізація 3D-моделі здійснюється в 6 проєкціях;
- передбачена декомпозиція моделі;
- графіка зображення чітка, з плавними переходами;
- кольорова гама відповідає об'єктам живої природи;
- складники об'єкта мають термінологічну підтримку.

Технологічні особливості візуалізації 3D-моделей:

- підтримування кількох ОС;
- реалізовано режим збільшення-зменшення моделі;
- можливість відтворення моделі на будь-якій поверхні.

Візуалізація 3D-моделей, зазвичай, потребує таких кроків, як моделювання, текстурування, освітлення й анімування.

*I. Моделювання 3D-моделей для візуалізації доповненої реальності.* Моделювання – це створення тривимірної моделі, сцени і об'єктів у ній. Серед технологій створення тривимірних моделей розрізняють *NURBS* поверхні та *полігональні моделі* (рис. 4.4.).

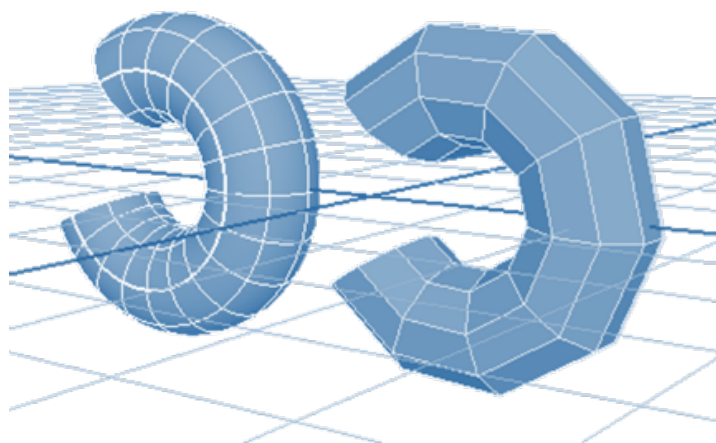


Рис. 4.4. *NURBS*-циліндр (ліворуч) і полігональний циліндр (праворуч)<sup>10</sup>

<sup>10</sup> [https://3d.demiart.ru/book/Maya-6/Glava\\_04/Index02.htm](https://3d.demiart.ru/book/Maya-6/Glava_04/Index02.htm)

Різниця у візуалізації моделей, створених за цими двома технологіями, представлена на рис. 4. Поверхня NURBS-циліндра (ліворуч) гладка, тоді як поверхня полігонального циліндра (праворуч) має фасетний вигляд .

З огляду на те, що NURBS-поверхні мають більш високий рівень точності, їх найчастіше використовують інженери, машинобудівники та архітектори.

У свою чергу полігональні моделі набули популярності у розробленні 3D-зображень для мультиплікації, кінематографа і комп'ютерних ігор, оскільки складаються з численних найпростіших геометричних фігур, що називають примітивами. Нині виокремлюють три види полігональних 3D-моделей: Low-Poly, Mid-Poly та High-Poly (рис. 4.5.).

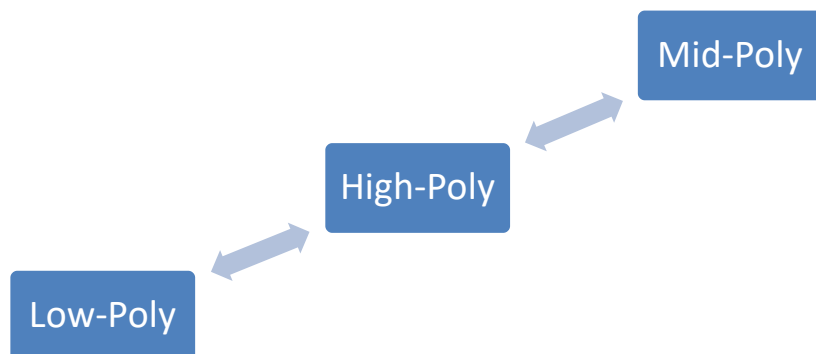


Рис. 4.5. Види полігональних моделей

Низькополігональна модель (англ. *Low-Poly*) – унікальний метод, результатом якого є 3D-модель з невеликою кількістю граней або полігонів. Такі об'єкти характеризуються наявністю невеликої кількості багатокутників. Як правило, вони застосовуються з метою економії ресурсів у випадках, коли висока деталізація об'єкта не потрібна, а також для створення низькополігональних ілюстрацій, що набувають особливої популярності останнім часом (рис. 4.6.).



Рис. 4.6. Приклади низькополігональних 3D-моделей<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <https://www.istockphoto.com/>



Середньополігональна модель (англ. *Mid-Poly*) характеризується більш згладженими лініями. Створення таких об'єктів відбувається з використанням логічних операцій та без процедури оптимізації на багатокутній сітці, або ж вона мінімальна (рис. 4.7.).

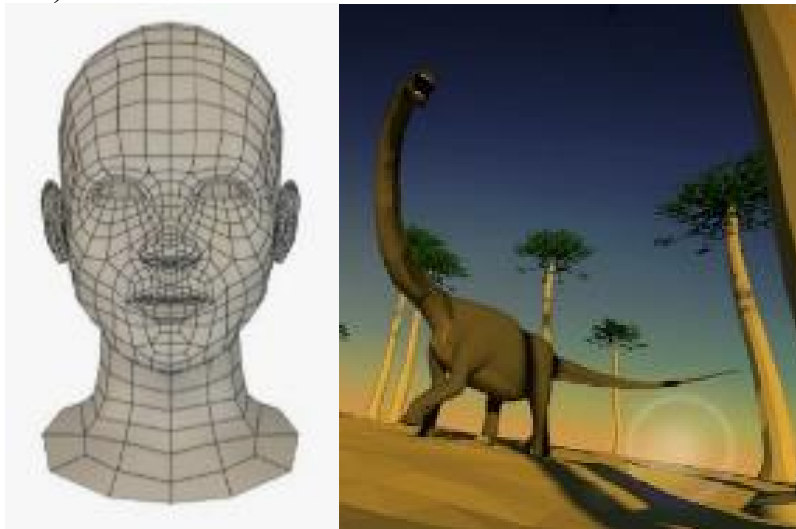


Рис. 4.7. Приклади середньополігональних 3D-моделей<sup>12</sup>

Високополігональні моделі (англ. *High-Poly*) – це об'єкти, що складаються з великої кількості багатокутників, максимально фактурні та, як правило, є точною копією реального об'єкта (рис. 4.8.).



Рис. 4.8. Приклади високополігональних 3D моделей<sup>13</sup>

Іноді реальні об'єкти мають досить складну форму, що значно ускладнює ручне створення 3D-моделі. У таких випадках використовують 3D-сканування об'єкта з подальшим редагуванням і вдосконаленням його 3D-моделі в спеціальних програмних застосунках.

Слід відмітити, що виокремлюють три види 3D-моделювання та чотири рівні їхньої складності (табл. 4.6.).

<sup>12</sup> <https://www.turbosquid.com/Search/3D-Models>

<sup>13</sup> <https://www.turbosquid.com/3d-models/female-head-bust-pack-3d-model/683303>

## Види і характеристики 3D-моделювання

Вид моделювання	Рівень складності	Характеристика
Каркасне	Перший	Не містить даних про структуру і дрібні деталі об'єкта
	Другий	Містить загальні відомості про об'єкт
Поверхнєве	Третій	Враховує неоднорідну структуру і дрібні деталі об'єкта
Твердотільне	Четвертий	Враховує складну неоднорідну структуру та глибоку деталізацію об'єкта

*II. Текстурування 3D-моделей для візуалізації доповненої реальності.*

Текстура – це растрове зображення, нанесене на поверхню 3D-моделі, з метою надання їй забарвлення, кольору, відтінків деталей. Текстурування передбачає встановлення таких властивостей матеріалів, як прозорість, відбиття, шорсткість та ін.). Ці параметри безпосередньо впливатимуть на те, як візуалізуватиметься модель.

Доцільно виокремити такі види текстурування:

– МІР-текстурування – метод, за якого при накладенні текстур застосовуються копії однієї й тієї ж ілюстрації текстури з різним ступенем промальовування деталей.

– рельєфне текстурування – технологія роботи із 3D-графікою, що дозволяє досягти максимальної реалістичності поверхні об'єкта.

*III. Освітлення – монтаж і регулювання джерел світла, що падають на 3D-модель або відбиваються нею.*

*IV. Анімування – надання руху 3D-моделям.*

Зауважимо, що більшість моделей доповненої реальності є анімованими. 3D-анімація – це процес створення рухомих зображень в тривимірному цифровому середовищі.

Можна виокремити такі види 3D-анімації моделей:

- анімація за траєкторією – відтворення шляху переміщення моделей;
- анімація в динамічному моделюванні – відтворення поведінки моделі в реальному фізичному середовищі;
- реалістична анімація – відтворення рухів, отриманих з використанням технології захоплення руху;
- ручна анімація – створена художником (може бути спрощеною, нереалістичною);
- анімація обличчя – це відтворення емоцій моделі (для живої природи).

Підсумовуючи, можемо констатувати, що запропоновані критерії й показники оцінювання якості 3D-моделей, можуть слугувати базисом експертизи друкованої навчальної літератури для закладів загальної середньої, професійно-технічної та вищої освіти, що включає об'єкти доповненої реальності.

### 4.3. Оцінювання відео

Сучасний мультимедійний контент може бути поданий у вигляді інтерактивного відео, відеоскрайбінгу, представлений у форматі інфографіки та анімації, відеолекції, скрінкастів, може бути інтерактивним та 3D-візуалізованим. При використанні навчального відеоматеріалу необхідно пам'ятати, що учні й студенти мають високі запити до відеоконтенту (табл. 4.7.).

Таблиця 4.7.

#### Критерії і показники оцінювання освітнього відео

№	Критерій	Показник
1.	Тривалість	3-5 хв
2.	Ефект присутності	Так
3.	Вмотивовує до діалогу	Так
4.	Формати файлу	Mpeg4
5.	Швидкість передавання аудіоданих	Не нижче 128 Кбіт/с
6.	Частота кадрів	Не більше 30 кадр/с
7.	Вимоги до кадру	Широкоформатний 16:9 без рамки
8.	Роздільна здатність	Не менше 1280x720
9.	Швидкість передавання відео	50 або 80 Мбіт/с

#### 4.4. Тренінг «Розроблення та оцінювання цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю»

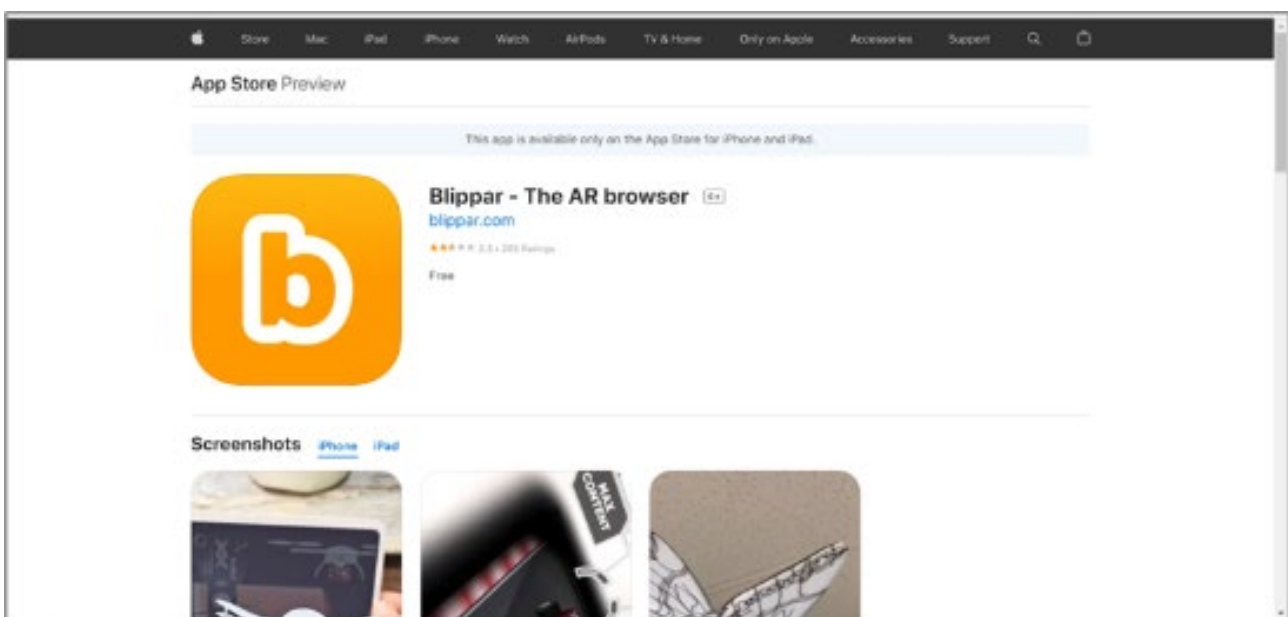
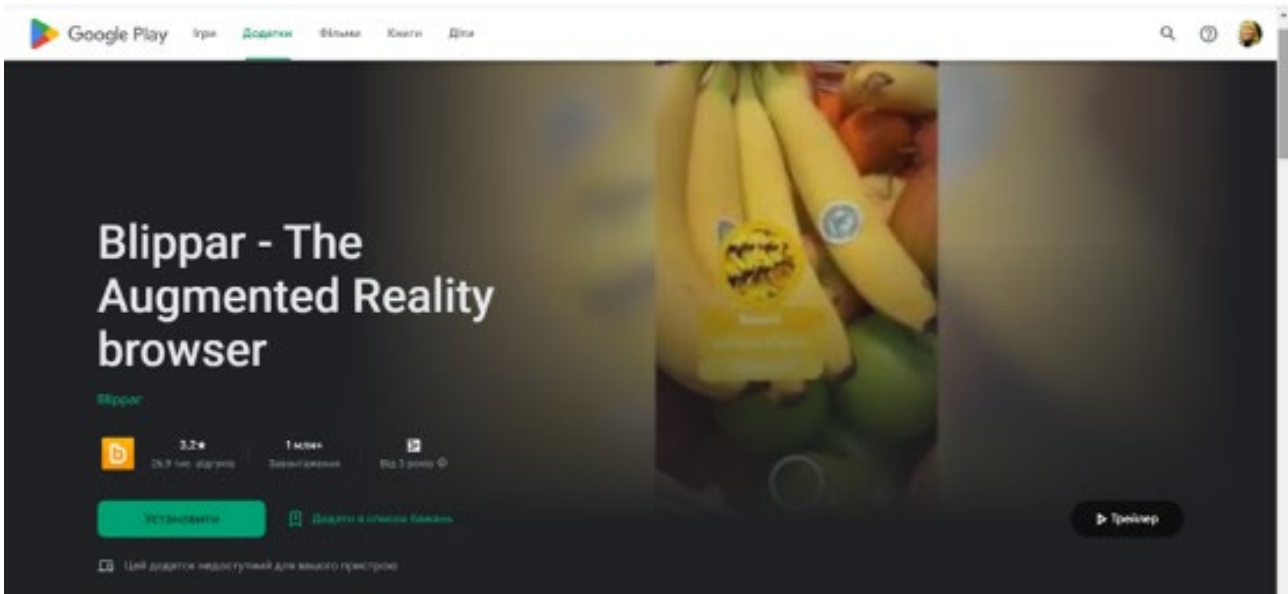
Інтенсивний розвиток імерсивних технологій, зокрема програмного забезпечення для створеної доповненої реальності, досяг рівня використання пересічним користувачем. Сучасні сервіси стали набагато простішими і доступнішими не тільки для професійних дизайнерів, а й вчителів інформатики та вчителів-предметників. Опанування процедур створення цифрового освітнього контенту може здійснюватись як самостійно педагогами, так і під час неформальної освіти, зокрема на тематичних тренінгах.

З метою апробації *критеріально-показникової матриці визначення якості освітніх об'єктів доповненої реальності*, у першу чергу, вчителям було запропоновано опанувати алгоритм створення освітнього контенту з використанням безмаркерної форми доповненої реальності. Для цього було використано безкоштовний сервіс *Bliprbuilder*, що інтегрується як застосунок в середовище *Microsoft Teams*.

Програма тренінгу «Розроблення та оцінювання цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю» (див. Додаток Б) передбачала такі етапи створення контенту з доповненою реальністю.

*Перший етап – підготовчий.* На диску D необхідно створити папку *Blipper*, завантажити і зберегти у папці 3D-зображення, аудіофайл або посилання на відео з *YouTube*. Формат зображення-маркера має бути *JPEG* або *RGB*, розмір має бути в межах від 300 до 800 пікселів у ширину та висоту відповідно.

*Другий етап – встановлення застосунків на мобільний засіб (телефон або планшет). Застосунок Blippar встановлюється з APPS (для Android або iPhone). Для тестування роботи доповненої реальності необхідно перевірити чи встановлено на телефоні/планшеті застосунок для зчитування QR-кодів (рис. 4.9.).*



*Рис. 4.9. Завантаження застосунку на мобільний пристрій з урахуванням ОС*

*Третій етап – завантаження до сервісу Teams. Для користувачів програмного забезпечення Microsoft, зокрема Office 365 – Teams є одним із сервісів. Для реалізації цього етапу необхідно запустити сервіс Teams Microsoft, знайти сервіс Blipbuilder (1) і запустити його (2), натиснувши ліву кнопку миші (рис. 4.10.).*

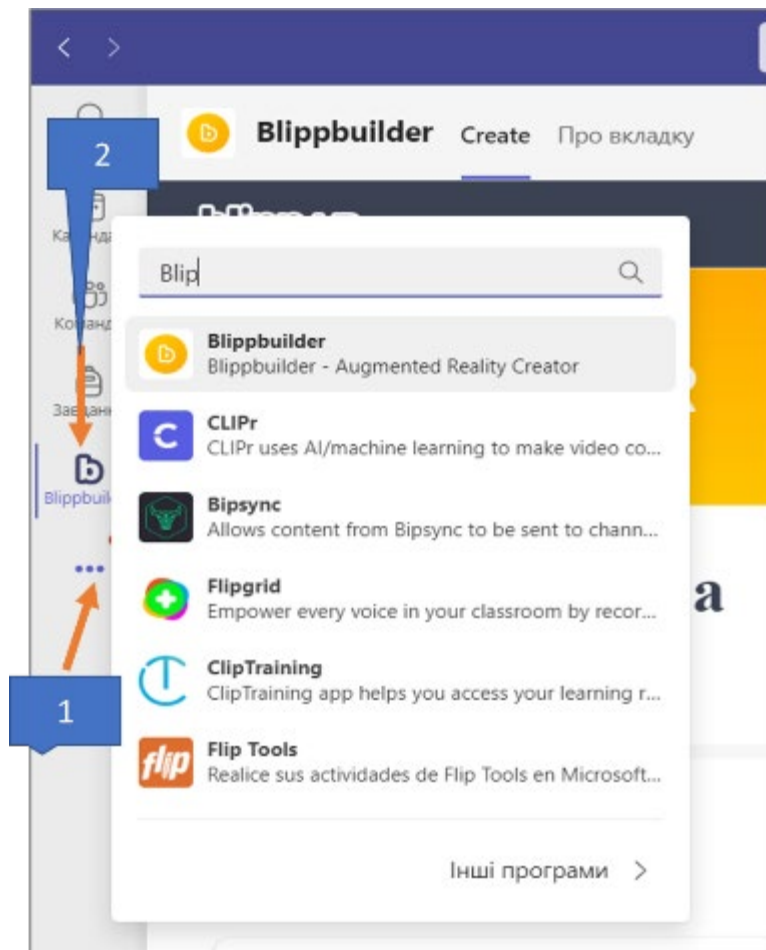


Рис. 4.10. Запуск застосунку Blippbuilder

Четвертий етап – добір формату доповненої реальності. Коли запуситься застосунок, користувач матиме змогу: створити проєкт з шаблону (1), ознайомитися з документацією (2), отримати відповідь на запитання (3) та створити новий проєкт (рис. 3.16.).

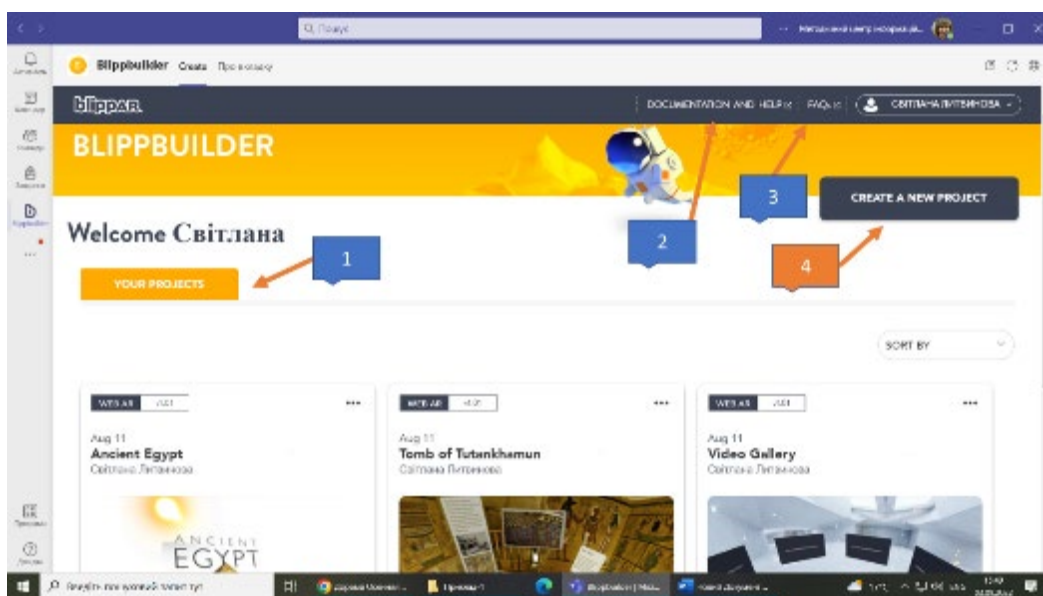


Рис. 3.16. Запуск застосунку для створення нового проєкту

Під час створення нового проекту, застосунок запропонує обрати форму доповненої реальності. Обираємо безмаркерну AR, що може розміщуватись на будь-якій поверхні, наприклад, транспортний засіб на дорозі, предмет меблів у кімнаті, 3D-модель у зошиті (рис. 4.11.).

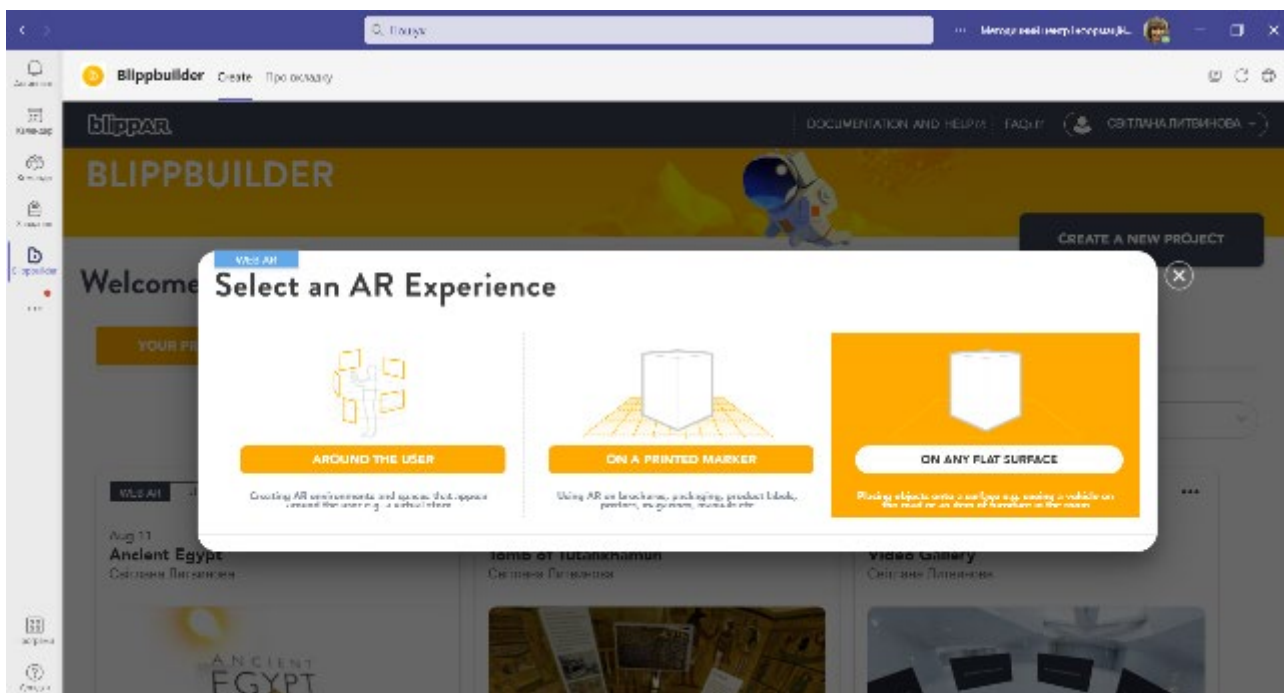


Рис. 4.11. Добір форми доповненої реальності

П'ятий етап – створення проекту доповненої реальності. Для цього надаємо назву проекту і завантажуюмо 3D-зображення (рис. 4.12-15.). Зображення можна завантажити як з комп'ютера (з папки Blipper), так і з бібліотеки Sketchfab. Зазначимо, що завантаження 3D-зображення з бібліотеки Sketchfab потребує попередньої реєстрації на порталі <https://sketchfab.com/>.

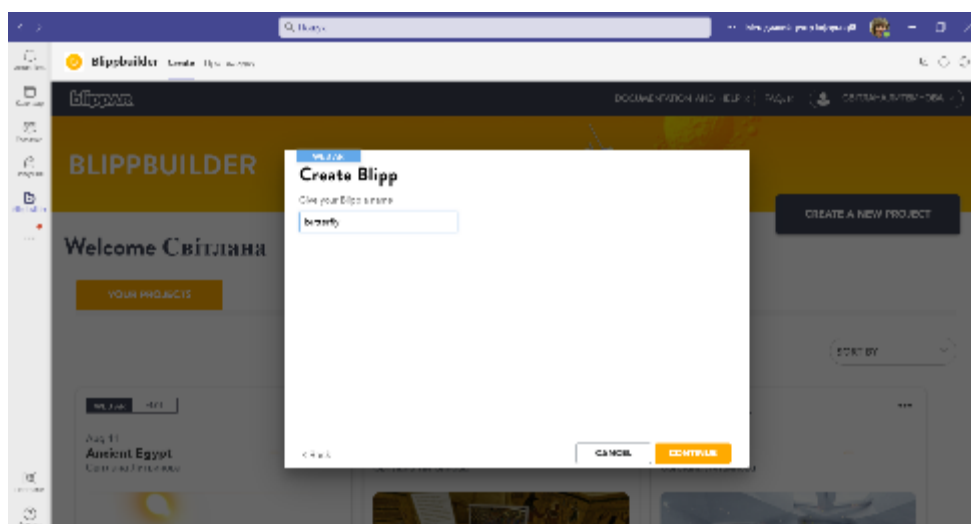


Рис. 4.12. Введення назви цифрового контенту (проекту) з AR

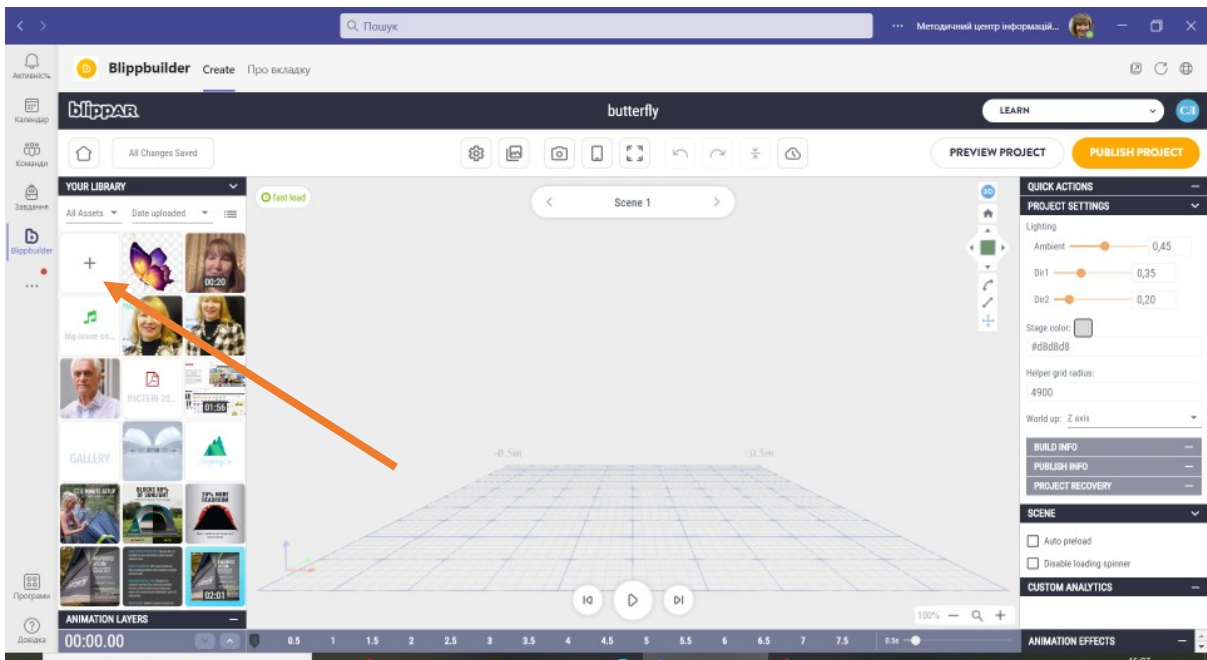


Рис. 4.13. Завантаження 3D-зображення для створення AR

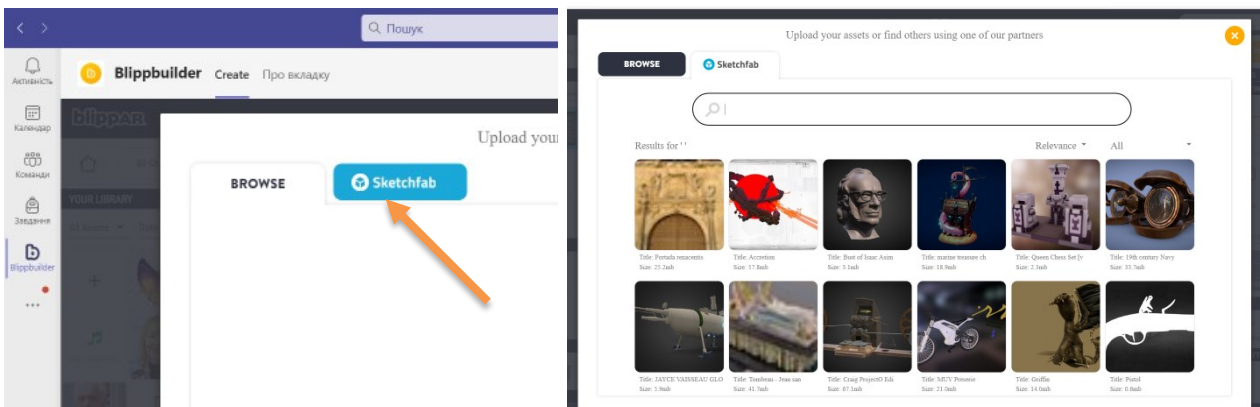


Рис. 4.14. Завантажуємо 3D-зображення з бібліотеки Sketchfab

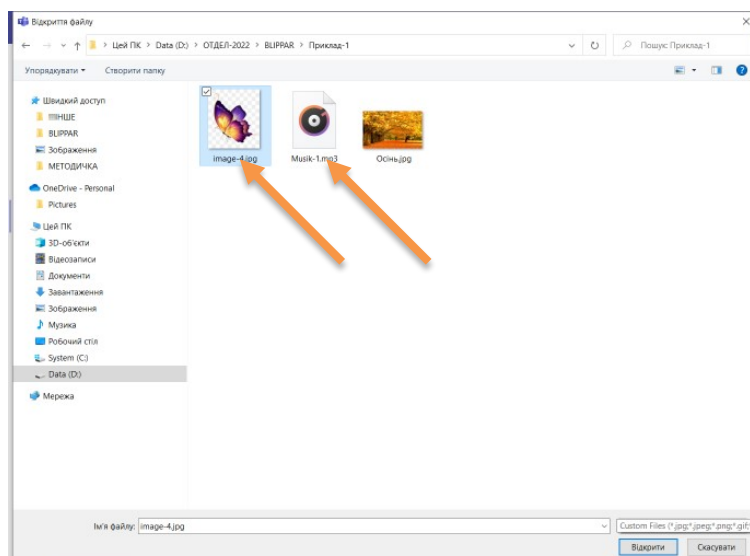


Рис. 4.15. Завантаження 3D-зображення і аудіо файлу з власного комп'ютера

Після завантаження 3D-зображення і аудіо файлу в Vlrpbuilder, можемо перетягти це зображення на сцену (в центр) і накласти на зображення звуковий супровід або відеофайл та ін. (рис. 4.16-17.).

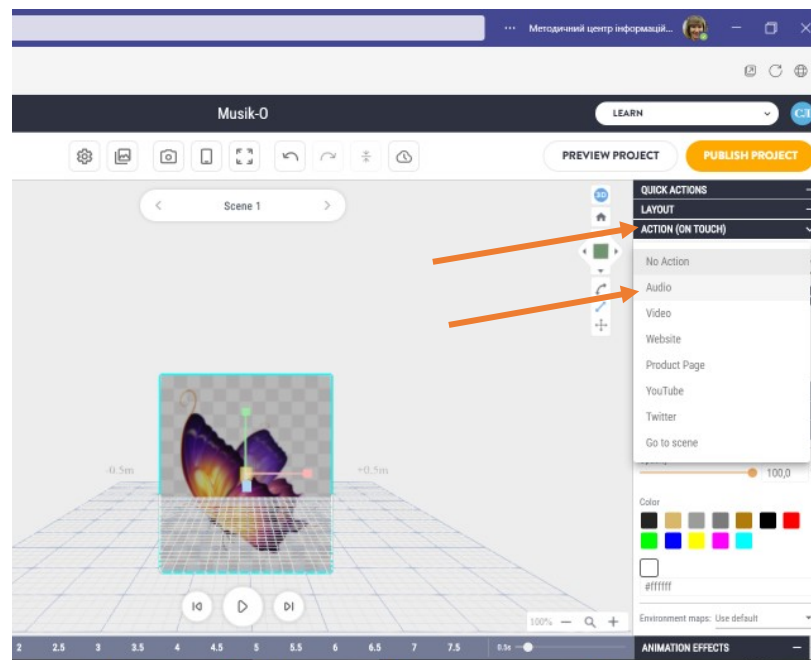


Рис. 4.16. Добір контенту до зображення-маркера

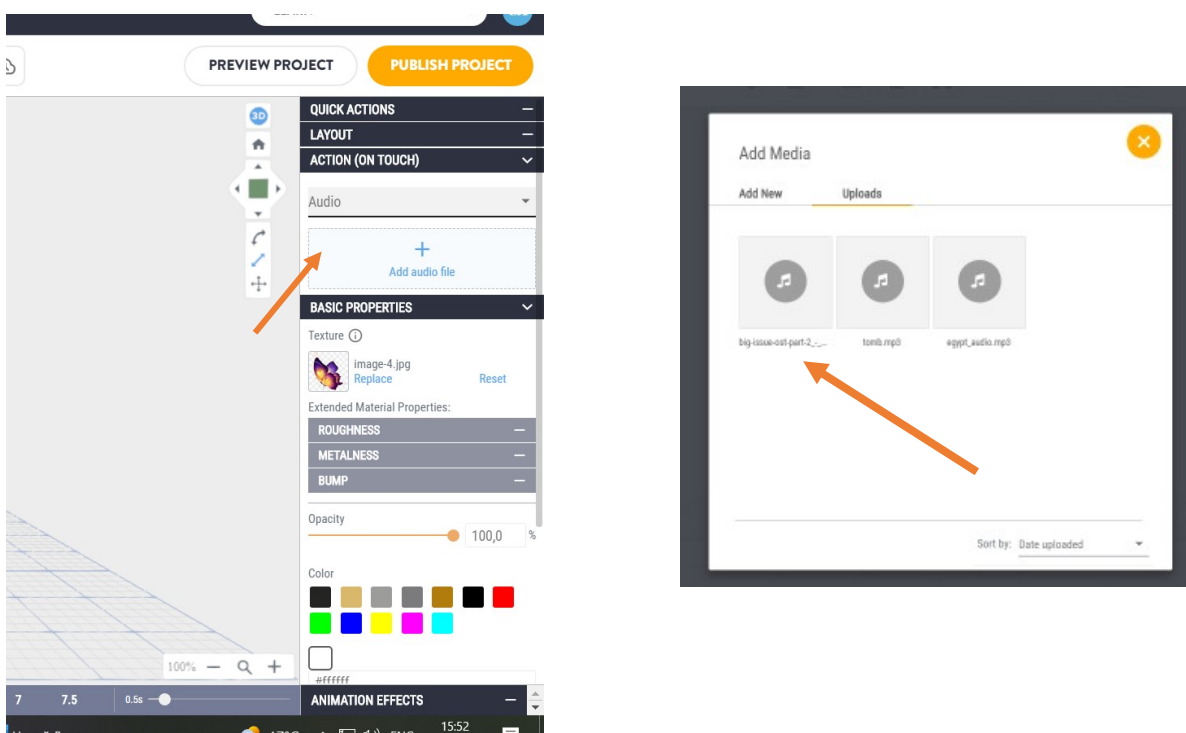


Рис. 4.17. Накладання аудіофайлу на 3D-зображення

Підготовлений проєкт безмаркерної доповненої реальності можна перевірити на якість відтворення. Застосунок Vlrp формує QR-код за допомогою якого перевіряється якість відтворення створеної доповненої реальності (рис. 4.18.).



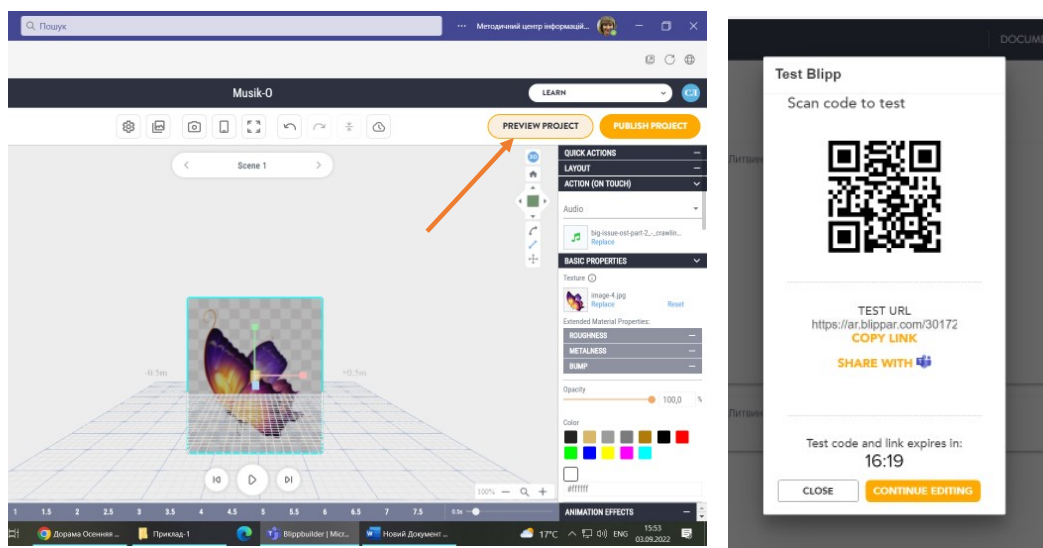


Рис. 4.18. Перевірка створеної доповненої реальності

Створені і відтворені об'єкти AR були оцінені учасниками тренінгу за запропонованою матрицею (див. Розділ 4). У результаті, було виокремлено наступні ключові аспекти.

*Педагогічні аспекти:* добір моделей, графіки, тексту, симуляцій (комп'ютерних моделей) має відповідати темі що вивчається; об'єкти AR мотивують до пізнавальної діяльності; об'єкти AR активізують діяльність учнів/студентів та впливають на позитивне ставлення до навчання.

*Вимоги до AR:* зображення мають бути чіткими, кольорова гама не «люмінісцента»; анімація має відтворюватися на достатній швидкості, щоб демонстрований процес був зрозумілий; звуковий супровід має відтворюватися без затримок, з достатньою гучністю; AR має бути логічною; відповідність віковим особливостям; практичне наповнення; динамічність відтворення AR; динамічність відтворення звуку.

Для оцінювання AR виокремлено такі *критерії*: техніко-технологічний; візуально-динамічний; змістово-методичний; метрологічний; інтерфейсно-керуючий.

До основних *видів робіт*, щодо створення AR віднесено:

- встановлення сервісу Blippbuilder (для новачків це не завжди легко);
- завантаження до проєктів об'єктів зображення, звуку тощо;
- редагування проєкту, користування інструментами налаштування масштабу, переміщення, повороту;
- додавання до проєкту мультимедійних файлів, наприклад звуковий супровід;
- перегляд та публікація проєкту.

Аналізуючи результати проведеного тренінгу ми дійшли висновку, що запропонована матриця оцінювання об'єктів AR доступна та проста як для вчителів й викладачів, так і для експертів, які оцінюватимуть якість освітнього контенту з AR.

# ДОРОЖНЯ КАРТА ВПРОВАДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ТА ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОГО ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ

---

**Мета:** впровадити результати наукового дослідження «Критерії і показники оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю» в практику експертів та вчителів щодо добору освітнього контенту.

## **Стратегічні завдання:**

- розробити організаційну та методичну підтримку впровадження методики оцінювання інноваційного освітнього контенту з доповненою реальністю для закладів загальної середньої освіти;
- поширити досвід використання методики оцінювання освітнього контенту з доповненою реальністю в практику добору освітнього контенту експертів, вчителів та інших зацікавлених осіб;
- забезпечити інформаційну підтримку впровадження результатів наукового дослідження «Критерії і показники оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю»;
- здійснити підсумковий моніторинг впровадження методики оцінювання інноваційного освітнього контенту з доповненою реальністю.

**Об'єкти впровадження:** заклади загальної середньої освіти, інститути післядипломної педагогічної освіти, педагогічні заклади вищої освіти, ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти».

**Цільова аудиторія:** вчителі; керівні кадри закладів середньої освіти; працівники органів управління освіти і науки; члени експертних груп і рад; видавці навчальних матеріалів; наукові та науково-педагогічні працівники закладів різних рівнів освіти та наукових установ, які здійснюють дослідження, спрямовані на проектування і використання цифрового освітнього контенту та його впровадження в освітню практику.

## **Нормативно-правова база:**

1. Розпорядження КМУ від 13 грудня 2017 р. № 903-р «Про затвердження плану заходів на 2017—2029 роки із запровадження Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа»»;
2. Розпорядження КМУ від 14 квітня 2021 р. № 320-р «Про затвердження плану заходів щодо популяризації природничих наук та математики до 2025 року»;
3. Розпорядження КМУ від 3 березня 2021 р. № 167-р «Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей та затвердження плану заходів з її реалізації».

**Науково-методичне забезпечення** впровадження результатів наукового дослідження «Критерії і показники оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю»:

1. Литвинова С. Г., Пінчук О. П., Лупаренко Л. А., Соколюк О. М. Критерії і показники оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю: методичні рекомендації. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 91 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/732810>
2. Пінчук О. П., Лупаренко Л. А. Дидактичний потенціал використання цифрового контенту з доповненою реальністю. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : Збірник наукових праць. Київ-Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2022. Вип. 63. С. 39–57. DOI: 10.31652/2412-1142-2022-63-39-57. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/730418>
3. Литвинова С. Г., Соколюк О.М. Критерії та показники оцінювання якості освітніх об'єктів доповненої реальності в підручниках фізики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. Том 88. №2. С. 23-37. URL: [Bulletin\\_21\\_50\\_Pedagogika\\_Luparenko\\_Lytvynova\\_Pinchuk\\_Sokoliuk.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/730423/Bulletin_21_50_Pedagogika_Luparenko_Lytvynova_Pinchuk_Sokoliuk.pdf) (umo.edu.ua) DOI: 10.33407/itlt.v88i2.4870 <https://lib.iitta.gov.ua/730423/>
4. Литвинова С. Г., Лупаренко Л. А. Оцінювання 3D-моделей доповненої реальності в навчальній друкованій продукції. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки*, 2022, т. 30, №3. URL: <https://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/pedzbirnyk/article/view/1139> DOI: <https://doi.org/10.32453/pedzbirnyk.v30i3.1139> <https://lib.iitta.gov.ua/732813>
5. Лупаренко Л. А., Литвинова С. Г., Пінчук О. П., Соколюк О.М. Готовність вчителів до використання доповненої реальності в освітньому процесі. *Збірник наукових праць «Вісник післядипломної освіти»*. Серія «педагогічні науки», 2022. Вип. 21(50). С. 144–177 URL: [Bulletin\\_21\\_50\\_Pedagogika\\_Luparenko\\_Lytvynova\\_Pinchuk\\_Sokoliuk.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/732811/Bulletin_21_50_Pedagogika_Luparenko_Lytvynova_Pinchuk_Sokoliuk.pdf) (umo.edu.ua) DOI: [https://doi.org/10.32405/2218-7650-2022-21\(50\)](https://doi.org/10.32405/2218-7650-2022-21(50)) <https://lib.iitta.gov.ua/732811>
6. Литвинова С. М. Вплив зовнішніх чинників на розповсюдження технології доповненої реальності в освіті. *II Науково-практична конференція з міжнародною участю “Імерсивні технології в освіті”*, м. Київ, 22 верес. 2022 р., Київ : ІЦО НАПН України, 2022. С. 117–123. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/732820>

**Організаційно-кадрове забезпечення** впровадження методики оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю:

1. Інститут цифровізації освіти НАПН України в особі доктора педагогічних наук, старшого наукового співробітника, заступника директора з наукової роботи Литвиної Світлани Григорівни.

2. ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти» в особі начальника відділу цифрових освітньо-наукових систем Галегової Олени Валеріївни.

3. Інститут цифровізації освіти НАПН України в особі кандидата педагогічних наук, завідувача відділу цифрової трансформації НАПН України Лупаренко Лілії Анатоліївни.

4. Інститут цифровізації освіти НАПН України в особі кандидата педагогічних наук, старшого наукового співробітника, заступника директора з експериментальної роботи Пінчук Ольги Павлівни.

**Терміни реалізації :** 2022-2024 роки.

**Ризики:** безпекові (умови військового стану в Україні), епідеміологічна ситуація, матеріально-технічне забезпечення (наявність електрики та мережі Інтернет).

**Очікувані результати:** Результати наукового дослідження сприятимуть підвищенню якості цифрового освітнього контенту для закладів загальної середньої освіти, опанування педагогами нових методів і підходів в освітньому процесі. озроблений інструментарій сприятиме підвищенню якості цифрового освітнього контенту для закладів загальної середньої освіти на етапі розроблення та добору. Використання технології доповненої реальності сприятиме опануванню педагогами нових методів і підходів в освітньому процесі.

## ДОРОЖНЯ КАРТА

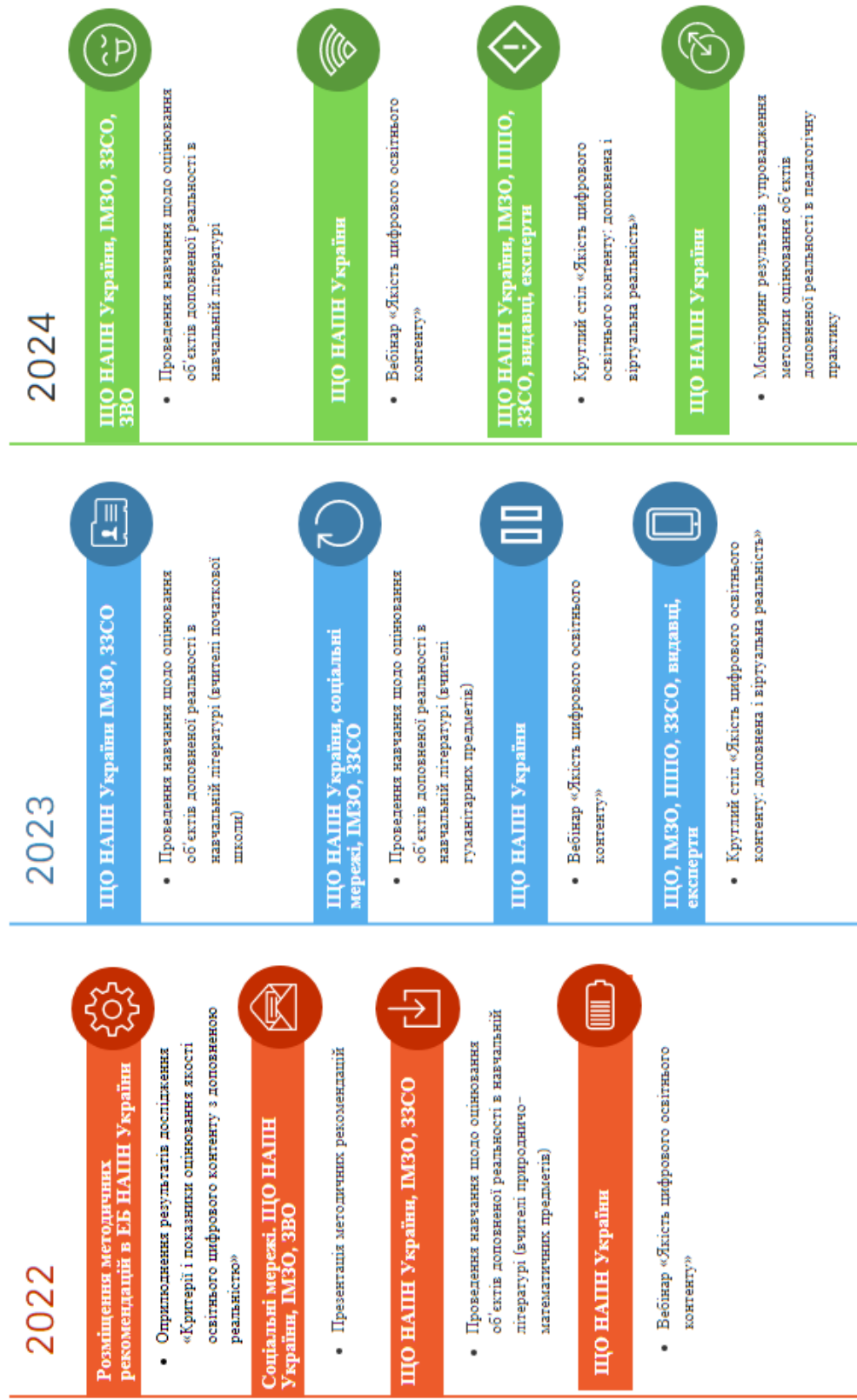


Рис. 4.19. Дорожня карта впровадження критеріїв та показників оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю

Сучасні виклики в галузі освіти обумовлені стрімким переходом на дистанційну форму навчання, зміною форм освітньої комунікації з учнями, екстериторіальною присутністю учасників освітнього процесу (за кордоном, в різних областях України) та необхідністю насичення освітнього середовища цифровим освітнім контентом.

В Україні кожен учень має доступ до цифрової версії підручника, що й досі створюється за традиційною технологією. Протягом останніх років видавці почали удосконалювати підручники й насичувати їх QR-кодами, зокрема кодуюти посилання на YouTube, що не вирішує проблему візуалізації предметів живої й неживої природи та процесів, які в ній відбуваються.

Враховуючи той факт, що під час пандемії COVID-19 батьки забезпечили своїх дітей принаймні смартфонами, у сучасного вчителя з'явилась можливість швидко і зрозуміло пояснити новий теоретичний матеріал та підвищити якість освітнього процесу за допомогою технології доповненої реальності.

Аналіз актуальних напрямів дослідження феномену віртуальності (філософія, психологія, соціологія, природничі, технічні науки та ІКТ) підтверджує його значний *освітній потенціал* для майбутнього розвитку суспільства. Найактуальнішими напрямками практичного застосування технологій віртуальної і доповненої реальності є інженерно-технологічний і нейротехнологічний. Імерсивні технології дозволяють надійно і достовірно моделювати хімічні, фізичні, анатомічні та інженерні процеси, що відбуваються в реальному середовищі. З огляду на це, вони знаходять широке застосування у моделюванні небезпечних ситуацій, у лікуванні складних клінічних випадків та у галузі освіти.

Завдяки економічній і технологічній доступності та нижчому рівню травматичного впливу на дитячу психіку, саме технологія AR у порівнянні з VR є найбільш придатною для застосування у шкільній освітянській практиці.

Візуальні засоби AR дозволяють створити навчальні ситуації, що спонукають і стимулюють учнів до пізнавальної діяльності, готують їх до майбутнього життя і роботи у високотехнологічному інформаційному суспільстві. Потенціал щодо підвищення ефективності навчання очікується в напрямі застосування AR для ігрових симуляцій, демонстрування наукових експериментів, а також відпрацювання навичок, що вимагають майстерності.

Спостерігається розширення можливостей аудиторного і дистанційного навчання, висока інтерактивність навчального процесу, доступність навчальних матеріалів з AR, посилення наочності та візуалізації результатів, керованість, безпека, результативність у підвищенні пізнавального інтересу, впевненість, емоційна залученість та відчутна продуктивність учнів.

З огляду на вказане, природньо виникає потреба у визначенні *готовності вчителя* до її опанування, а саме бути обізнаним про існування такої технології, розуміти їх місце в освітньому процесі, бути готовим психологічно до сприйняття нового і технологічно для ефективного використання в процесі навчання.

Результати проведеного дослідження дозволяють зробити такі висновки:

✓ не зважаючи на те, що 90% респондентів знають або чули про технологію доповненої реальності, лише чверть з них мали попередній досвід взаємодії з нею;

✓ зазвичай вчителі вказували на використання AR у процесі самоосвіти, візуалізації інформації у ході пояснення нового матеріалу на уроках та з метою створення ситуації захоплення і зацікавлення учнів до вивчення предмета;

✓ більше половини опитаних має однозначно позитивне ставлення до використання доповненої реальності у процесі навчання і ще третина вбачають за доцільне її застосування на окремих заняттях;

✓ 92,7% – виявили бажання підвищити свій рівень професійної майстерності та опанувати доповнену реальність, зокрема – 48,4% готові навчатися дистанційно;

✓ 90% вчителів зацікавлені у її використанні, а близько 80% – очікує позитивний ефект цієї технології на навчальні досягнення та мотивацію учнів у процесі опанування навчального матеріалу;

✓ практично всі освітяни погоджуються, що технологія AR могла б знайти своє застосування на всіх навчальних предметах і бути інтегрованою в усі відповідні засоби навчання або види наочності (підручники, атласи, посібники, плакати, картки, робочі зошити, контурні карти, робочі аркуші);

✓ 85,8% педагогів мають потребу у розробленні нових AR-додатків з предметів, що ними викладаються, оскільки наявних зразків або недостатньо, або вони не задовольняють потребам освітнього процесу;

✓ розглядаючи детальніше цифровий контент з доповненою реальністю, який доцільно використовувати у таких додатках, респонденти надали перевагу 3D-моделям просторових об'єктів, імітаційним 3D-сценаріям природних процесів і явищ, симуляціям наукових експериментів, анімаціям та голограмам;

✓ до основних характеристик, яким повинні відповідати технології доповненої реальності, вчителі віднесли першочергово такі: доступність для завантаження на мобільні пристрої учнів; якість графіки, зображень, анімацій, відео; можливість хмарного збереження результатів роботи; наукову обґрунтованість і відповідність термінології, законам, формулам, правилам; інтуїтивну зрозумілість для використання учнями; якість зображень та їхню відповідність реальним об'єктам.

Підсумовуючи, можемо впевнено констатувати, що вчителі закладів загальної середньої освіти готові до опанування технології доповненої реальності, оскільки вкрай потребують якісного освітнього цифрового контенту, який є, одночасно, як ключовим в питаннях мотивації до навчання для учнів, так й ефективним інструментом для сучасного педагога.

З іншого боку, здійснення успішної освітньої практики потребує *добору якісного освітнього цифрового контенту*. Поміж об'єктів імерсивних технологій (віртуальної, доповненої, розширеної, змішаної, заміщеної реальності) саме об'єкти доповненої реальності є найкращим способом подання цифрового контенту для сприйняття людиною. Вони природньо інтегруються у фізичне оточення людини, створюють додаткові можливості для оптимізації

когнітивних зусиль, можуть бути використані як додатковий засіб формування в учнів уявлень про експериментальний метод пізнання явищ природи і відпрацювання ними окремих експериментальних умінь.

Увага, мотивація, розуміння і рівень навчальних досягнень здобувачів освіти, їх розуміння процесів, що відбуваються в природі, та властивостей об'єктів, які неможливо продемонструвати в класі, безпосередньо залежать від якості цифрового освітнього контенту. Основними проблемами використання такого контенту є його відсутність, низька якість, невідповідність освітній програмі, вартість використання та ін. До цього переліку необхідно додати прогалини у неперервному розвитку вчителя, який має опановувати цифрові технології для створення освітнього контенту з метою задоволення своїх професійних потреб.

Обґрунтована авторами *показниково-критеріальна матриця визначення якості об'єктів AR* містить техніко-технологічний, візуально-динамічний, змістово-методичний критерії та десять їх показників. Якість об'єктів AR пропонується визначати за чотирма рівнями відповідності: не задовольняють вимогам, потребують ґрунтового доопрацювання, потребують незначного доопрацювання, відповідають вимогам якості.

Узагальнюючи досвід оцінювання додатків доповненої реальності було визначено низку критеріїв, що дозволять оцінити якість 3D-моделей живої та неживої природи, а саме: загальний, моделювальний, відображальний, текстурний, освітлювальний, маніпуляційний, користувацький, анімаційний, технологічний.

Передбачається, що представлена матриця може стати дієвим інструментом експертизи насичених об'єктами AR інноваційних підручників, які, у свою чергу, можуть вирішити низку освітніх проблем, зокрема: неперервність навчання, реалізацію змішаного та дистанційного навчання, розвиток цифрових компетентностей учителів і учнів, спонукати до розвитку їхніх пізнавальних інтересів.

Критерії і показники оцінювання AR-контенту, в перспективі, нададуть змогу дібрати якісні зразки контенту, інтегрувати їх у навчальну друковану продукцію та забезпечити повсюдний доступ, зокрема до засобів навчання на предметах природничого циклу, які неможливо продемонструвати в реальних умовах освітнього закладу. Запропоновані авторами підходи можуть вирішити низку проблем на етапі експертизи і підготовки навчальної друкованої продукції до широкомасштабного впровадження.



## ДОДАТКИ

---

### Додаток А. Опитувальник для вчителів ЗЗСО України щодо готовності до використання технології доповненої реальності

*Шановний колего! Просимо Вас відповісти на декілька запитань у межах дослідження, що проводить Інститут цифровізації освіти НАПН України. Опитування анонімне. Усі вказані Вами дані, будуть використані виключно з науковою метою.*

\* Обов'язкове поле

#### Блок 1. Короткі відомості про учасника опитування та заклад освіти

1. Ваша вікова група: \*

*Виберіть лише один варіант.*

- 20–25 років
- 25–35 років
- 36–45 років
- 46–55 років
- 56–65 років
- Інше: \_\_\_\_\_

2. Вкажіть Ваш стаж педагогічної діяльності: \*

*Виберіть лише один варіант.*

- до 5 років
- 6–10 років
- 11–20 років
- 21–30 років
- 31 і більше років

3. Охарактеризуйте тип закладу освіти, що забезпечує здобуття загальної середньої освіти, в якому Ви працюєте: \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Початкова школа
- Гімназія
- Ліцей
- Спеціалізована школа НВК
- Спеціальна школа
- Санаторна школа
- Навчально-реабілітаційний центр
- Заклади професійної (професійно-технічної), фахової передвищої освіти
- Інше: \_\_\_\_\_

4. Чи має Ваш заклад профіль/спеціалізацію? \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Ні
- Науковий ліцей, науковий ліцей-інтернат
- Спеціалізована школа з поглибленим вивченням іноземних мов
- Спеціалізована школа з поглибленим вивченням природничих наук
- Спеціалізована мистецька школа (школа-інтернат)
- Професійний коледж (коледж) культурологічного або мистецького спрямування
- Школа-інтернат (ліцей-інтернат) спортивного профілю
- Професійний коледж (коледж) спортивного профілю
- Військовий (військово-морський) ліцей
- Інше: \_\_\_\_\_

5. Які навчальні предмети Ви викладаєте (вказіть усі можливі варіанти)? \*

*Виберіть усе, що підходить.*

- Початкова школа
- Фізика
- Хімія

- Біологія
- Географія
- Природознавство
- Математика (алгебра, геометрія)
- Українська мова і література
- Іноземна мова
- Історія
- Малювання
- Фізкультура
- Інформатика
- Трудове навчання
- Інше: \_\_\_\_\_

6. В яких класах Ви викладаєте (вкажіть усі можливі варіанти)? \*

*Виберіть усе, що підходить.*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12

7. Які технічні засоби Вам доступні для забезпечення освітнього процесу (вкажіть усі можливі варіанти)? \*

*Виберіть усе, що підходить.*

- Доступ до мережі
- Інтернет в класі
- Доступ до мережі
- Інтернет дома
- Персональний комп'ютер в класі
- Персональний комп'ютер дома
- Ноутбук в класі
- Ноутбук дома
- Власний планшет
- Шкільний планшет
- Мобільний телефон
- Мультимедійна дошка
- Окуляри віртуальної реальності
- Ноутбуки для учнів
- Планшети для учнів
- Персональні комп'ютери для учнів
- Проектор
- Інтерактивна панель
- 3D-принтер
- Не маю технічних засобів
- Інше: \_\_\_\_\_

## **Блок 2. Готовність до використання технології доповненої реальності**

8. Чи знаєте Ви про доповнену реальність? \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Знаю
- Використовував на деяких заняттях
- Встановлював додаток на мобільний пристрій для ознайомлення
- Використовував у соцмережах з розважальною метою

- Чув
- Не знаю, що це
- Інше: \_\_\_\_\_

9. Чи мали Ви попередній досвід використання доповненої реальності в освітній практиці? \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Так
- Скоріше так
- Скоріше ні
- Ні
- Не можу визначитися
- Інше: \_\_\_\_\_

10. Якщо так, коротко опишіть ситуацію, в якій було використано доповнену реальність: \*

---

---

11. На Вашу думку, чи матиме ця технологія позитивний ефект на навчальні досягнення та мотивацію учнів в процесі опанування навчального матеріалу? \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Так
- Скоріше так
- Скоріше ні
- Ні
- Не можу визначитися
- Інше: \_\_\_\_\_

12. Ваше ставлення до використання доповненої реальності для навчання: \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Позитивне
- Негативне
- Можна на окремих заняттях
- Тільки на природничих предметах
- Тільки на гуманітарних предметах
- Тільки на мистецьких предметах
- Тільки на спортивних заняттях
- Потрібно на всіх предметах
- З реабілітаційною метою (корекційне)
- Доцільно лише у професійному навчанні
- Мені байдуже
- Інше: \_\_\_\_\_

13. Які навчальні предмети з використанням доповненої реальності доцільно викладати в школі? \*

*Виберіть усе, що підходить.*

- Українська мова і література
- Іноземна мова і зарубіжна література
- Математика (алгебра і початки аналізу та геометрія)
- Інформатика
- Фізика і астрономія
- Креслення
- Хімія
- Біологія, основи здоров'я
- Природознавство, екологія
- Історія України / всесвітня історія
- Географія
- Правознавство
- Мистецтво (образотворче і музичне)
- Технології (трудове навчання)
- Фізична культура / захист України

- Усе перелічене
- Не використовувати взагалі
- Інше: \_\_\_\_\_

14. У які засоби навчання або наочності доцільно інтегрувати доповнену реальність? \*

*Виберіть усе, що підходить.*

- Підручники
- Посібники
- Робочі зошити
- Картки
- Робочі аркуші
- Атласи
- Контурні карти
- Плакати
- Усе перелічене
- Не використовувати взагалі
- Інше: \_\_\_\_\_

15. Чи вважаєте Ви за доцільне використання такого освітнього цифрового контенту на базі технології доповненої реальності, як: \*

*Оцініть за шкалою*

*У кожному рядку виберіть лише один варіант.*

	-2	-1	0	1	2
гіперпосилання на зовнішні джерела	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
анімації	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
голограми	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D-моделі тривимірних об'єктів	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

імітаційні 3D-сценарії природних процесів і явищ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
аудіоефекти (фонівий шум / 3D- звук, що відповідає діям користувача)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
інтерактивні вказівки (голосовий та текстовий супровід)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
відео	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
симуляції наукових експериментів	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
елементи ігрового дизайну	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
тест формувального оцінювання	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
тест підсумкового оцінювання	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Яким характеристикам, на Вашу думку, мають відповідати такі об'єкти AR? \*

*Оцініть за шкалою*

*У кожному рядку виберіть лише один варіант.*

	-2	-1	0	1	2
доступність для завантаження на мобільні пристрої учнів	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
інтуїтивна зрозумілість для використання учнями	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



можливість спільної  
роботи  
в мережі Інтернет

---

можливість хмарного  
збереження результатів  
роботи

---

якість зображень та їхня  
відповідність реальним  
об'єктам

---

динамічність відтворення  
візуалізації

---

якість і синхронність  
відтворення звуку

---

відповідність освітній  
програмі та змісту  
навчання

---

наукова обґрунтованість і  
відповідність  
термінології, законам,  
формулам, правилам

---

відповідність віковим  
особливостям учнів

---

забезпечення  
контролю знань

---

підтримування різних  
версій операційних  
систем

---

якісна графіка,  
зображення, анімація,  
відео

---

17. Чи зацікавлені Ви у використанні доповненої реальності? \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Так
- Скоріше так
- Скоріше ні
- Ні
- Не можу визначитися

18. Якому виду навчання надаєте перевагу (оберіть усі можливі варіанти)? \*

*Виберіть усе, що підходить.*

- Традиційному навчанню
- Дистанційному навчанню
- Дистанційному синхронному
- Дистанційному асинхронному
- З використанням комп'ютерних програм
- З використанням електронних освітніх ресурсів
- З використанням сайтів
- З використанням GoogleClass
- З використанням Teams, Office365
- З використанням технології доповненої реальності
- Інше: \_\_\_\_\_

19. Чи існує потреба у розробленні вебдодатків з доповненою реальністю для дисциплін, які Ви викладаєте? \*

*Виберіть усе, що підходить.*

- Так, оскільки такі вебдодатки відсутні / їх вкрай недостатньо
- Так, оскільки наявні додатки не задовольняють потребам освітнього процесу
- Ні, оскільки їх достатньо в мережі Інтернет

- Ні, вони не потрібні взагалі
- Не можу визначитися
- Інше: \_\_\_\_\_

20. Чи потребуєте Ви додаткового навчання (вебінари, тренінги, курси, методичні матеріали) щодо використання технології AR в освітньому процесі?\*

*Виберіть лише один варіант.*

- Так
- Скоріше так
- Скоріше ні
- Ні
- Не можу визначитися
- Інше: \_\_\_\_\_

21. Оберіть форму навчання щодо використання технології доповненої реальності в освітньому процесі: \*

*Виберіть лише один варіант.*

- Семінар – очно
- Тренінг – одноденний очно
- Тренінг – триденний очно
- Тренінг – літню школу
- Дистанційно
- Онлайн марафон – одноденний
- Онлайн марафон – триденний
- Інше: \_\_\_\_\_

**Додаток Б. Програма тренінгу «Розроблення та оцінювання цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю»**

*Таблиця Б.1.*

<b>№ з/п</b>	<b>Зміст</b>	<b>Тривалість</b>
1.	Історичні аспекти розвитку технології AR	15 хв
2.	Базова термінологія	15 хв
3.	Проектування цифрового ресурсу для довільної поверхні	20 хв
4.	Проектування цифрового ресурсу з використанням маркера	20 хв
5.	Проектування цифрового ресурсу панорамного формату	20 хв
6.	Підходи до оцінювання цифрового ресурсу, створеного за технологією AR	20 хв
7.	Практична робота №1. Безмаркерна AR. Зображення.	1 год
8.	Практична робота №2. Маркерна AR. Анімація.	1 год
9.	Практична робота №3. Панорамна AR. Квест	1 год
10.	Практична робота №4. Оцінювання AR	30 хв
11.	Самостійна робота	12 год
12.	Тестування	40 хв
	<b>Усього</b>	<b>18 год</b>

- [1] Pinchuk O. P. Digital humanistic pedagogy as a new challenge to the competency of a modern teacher. *Actual problems of natural and mathematical education in secondary and high school*, Kherson, 2018. P. 13-14. URL: <http://lib.iitta.gov.ua/711699/>.
- [2] Pinchuk O. P., Lytvynova S. G., Burov O. Yu. Synthetic educational environment – a footpace to new education. *Information Technologies and Learning Tools*. 2017. Vol. 4. № 60. P. 28-45. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1831>.
- [3] Литвинова С. Г., Сороко Н. В. Готовність учнів гімназій до використання доповненої реальності в освітньому процесі. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2022. Т. 50. № 1. С.158-164. DOI: 10.24144/2524-0609.2022.50.158-164.
- [4] Costanza E., Kunz A., Fjeld M. *Mixed Reality: A Survey*. In: *Human Machine interaction: Research Results of the MMI Program*. 2009. URL: [http://www.t2i.se/pub/papers/springer\\_5440.pdf](http://www.t2i.se/pub/papers/springer_5440.pdf).
- [5] Yang C. C., Chen Hs., Hong K. Visualization of large category map for Internet browsing. *Decision Support Systems*. 2003. Vol. 1. № 35. P. 89–102. URL:10.1016/S0167-9236(02)00101-X
- [6] Bezegová E., Ledgard M. A., Molemaker R.-Ja., OberčB. P., Vigkos A. Virtual reality and its potential for Europe. *Ecorys*. 2017.
- [7] Cieutat J.-M., Hugues O., Ghouaiel N. Active Learning based on the use of Augmented Reality Outline of Possible Applications: Serious Games, Scientific Experiments, Confronting Studies with Creation, Training for Carrying out Technical Skills. *International Journal of Computer Applications. IJCA*. 2012. 46 (20). P. 31-36.
- [8] Milgram P., Kishino F. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Information Systems*. 1994. Vol. E77-D. № 12. С. 1321-1329,
- [9] Попечітельєв Є. П., Буров О. Ю. Синтетичне навчальне середовище: особливості проектування. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 66. № 4. С. 1-13.
- [10] Стрюк А. М. Проектирование учебных объектов дополненной реальности. *Automated control systems, Transactions*. 2018.Т. 2 (26). С. 127-134.
- [11] Werbach K., Hunter D. *For the Win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press, 2012.
- [12] Sergejeva L. Gamification: game mechanics for motivating adults. *Theory and methods of educational management*. 2014. Vol. 2. № 49. URL: <https://goo.gl/yANJjm>.
- [13] Rheingold H., *Virtuelle Welten und Reisen im Cyberspace*. New York, USA, 1991.
- [14] Transforming Education. *Microsoft*. : вебсайт. URL: <https://news.microsoft.com/wp->

content/uploads/prod/sites/66/2018/06/Transforming-Education-eBook\_Final.pdf

- [15] 10th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences, held on July 24–28, 2019, in Washington D.C., US. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20135-7>.
- [16] Pinchuk O., Burov O., Lytvynova S. Learning as a Systemic Activity. *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences*, AHFE 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 963. Springer, Cham, URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20135-7\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20135-7_33).
- [17] Caprara L., Caprara C. Effects of virtual learning environments: A scoping review of literature. *Educ Inf Technol*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10768-w>.
- [18] Lytvynova S. H., Semerikov S. O., Striuk A. M., Striuk M. I., Kolgatina L. S., Velychko V. Ye., Mintii I. S., Kalinichenko O. O., Tukalo S. M. AREdu2021-Immersive technology today. *Proc. of the 4th Int. Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*. Kryvyi Rih, 2021. P. 1–40. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper00.pdf>.
- [19] Santos M. E. C., Chen A., Taketomi T., Yamamoto G., Miyazaki J., Kato H. Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2014. Vol. 7, № 1, P. 38–56, DOI: 10.1109/TLT.2013.37.
- [20] Leighton L. J., Crompton H. Augmented reality in K-12 education. *Mobile Technologies and Augmented Reality in Open Education*. IGI Global, 2017. P. 281–290.
- [21] Kiv A. E., Bilous V. V., Bodnenko D. M., Horbatovskyi D. V., Lytvyn O. S., Proshkin V. V. The development and use of mobile app AR Physics in physics teaching at the university. *Proc. of the 4th Int. Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*. Kryvyi Rih, 2021. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper11.pdf>.
- [22] Giasiranis S., Sofos L. Production and Evaluation of Educational Material Using Augmented Reality for Teaching the Module of «Representation of the Information on Computers» in Junior High School. *Creative Education*. 2016. Vol.7. № 9. P. 1270–1291. DOI: 10.4236/ce.2016.79134.
- [23] Olsson T., Karkkainen T., Lagerstam E., Venta-Olkkonen L. User evaluation of mobile augmented reality scenarios. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2012. Vol. 4. № 1. P. 29–47. DOI: 10.3233/AIS-2011-0127.
- [24] Elford D., Lancaster S. J., Jones G. A. Exploring the Effect of Augmented Reality on Cognitive Load, Attitude, Spatial Ability, and Stereochemical Perception. *Journal of Science Education and Technology*. 2022. Vol. 31. P. 322–339. DOI: 10.1007/s10956-022-09957-0.
- [25] Okoye K. J. A. et al. Technology-mediated teaching and learning process: A conceptual study of educators’ response amidst the Covid-19 pandemic. *Educ*

- Inf Technol.* 2021. Vol. 26, P. 7225–7257. URL:<https://doi.org/10.1007/s10639-021-10527-x>.
- [26] Mystakidis S., Christopoulos A., Pellas N. A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education. *Educ Inf Technol*, 2021. URL:<https://doi.org/10.1007/s10639-021-10682-1>.
- [27] Zhu Y., Ye H., Tang S. Research on the Communication Effect of Augmented Reality Technology in Electronic Publications among Youth – A Case Study of «Augmented Reality Interactive Science Reading». *Advances in Applied Sociology*. 2017. Vol. 7. P. 305–318. DOI: 10.4236/aasoci.2017.78019.
- [28] Martin-Gutierrez J., Guinters E., Perez-Lopez D. Improving strategy of self-learning in engineering: laboratories with augmented reality. *Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 51. P. 832–839. URL: <https://cutt.ly/GgbyLjK>.
- [29] Литвинова С. Г., Буров О. Ю., Семеріков С. О. 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. Вінниця : ТОВ «Друк плюс». 2020. № 55. С. 46–62.
- [30] Petrovych O. B., Vinnichuk A. P., Krupka V. P., Zelenenka I. A., Voznyak A. V. The usage of augmented reality technologies in professional training of future teachers of Ukrainian language and literature. *Proc. of the 4th Int. Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*. Kryvyi Rih, 2021. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper17.pdf>
- [31] Palamar S. P., Bieliienka G. V., Ponomarenko T. O., Kozak L. V., Nezhyva L. L., Voznyak A. V. Formation of readiness of future teachers to use augmented reality in the educational process of preschool and primary education. *Proc. of the 4th Int. Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*. Kryvyi Rih, 2021. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper18.pdf>
- [32] Lasica I.-E., Meletiου-Mavrotheris M., Katzis K. Augmented Reality in Lower Secondary Education: A Teacher Professional Development Program in Cyprus and Greece. *Educ. Sci.* 2020. Vol. 10(4), № 121, DOI: 10.3390/educsci10040121.
- [33] Semerikov S. O., Mintii M. M., Mintii I. S. Review of the course "Development of Virtual and Augmented Reality Software" for STEM teachers: implementation results and improvement potentials. *Proc. of the 4th Int. Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*. Kryvyi Rih, 2021. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper09.pdf>
- [34] Papagianni M., Eteokleous N. Developing augmented reality applications: E-learning professional development training for in-service teachers». *Proc. of the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE): Chesapeake, VA, USA, 2021, P. 910–920.
- [35] Mystakidis S., Fragkaki M., Filippousis G. Ready Teacher One: Virtual and Augmented Reality Online Professional Development for K-12 School Teachers. *Computers*. 2021. Vol. 10(10). № 134. DOI: 10.3390/computers10100134.

- [36] Saltan F., Arslan Ö. The Use of Augmented Reality in Formal Education: A Scoping Review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2017. Vol. 13, № 2, P. 503–520, DOI: 10.12973/eurasia.2017.00628a.
- [37] Dias B., Keller B., Delabrida S. Evaluation of augmented reality SDKs for classroom teaching. *Proc. 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC '19)*. Association for Computing Machinery. 2019. Vol. 28, P. 1-11, DOI: 10.1145/3357155.3358447.
- [38] Hrunтова Т. В., Ячкало Я. В., Стриук А. М., Пикільняк А. В. Augmented Reality Tools in Physics Training at Higher Technical Educational Institutions. *Proc. 1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2018. P. 33–40.
- [39] Malchenko S. L., Mykoliuk D. V., Kiv A. E. Using interactive technologies to study the evolution of stars in astronomy classes. *2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education: proc.* 2019. P. 145–155.
- [40] Nechypurenko P. P., Starova T. V., Selivanova T. V., Tomilina A. O., Uchitel A. D. Use of Augmented Reality in Chemistry Education. *1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education: proc.* 2018. P. 15–23.
- [41] Rashevskaya N. V., Semerikov S. O., Zinonos N. O., Tkachuk V. V., Shyshkina M. P. Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry. *3d International Workshop on Augmented Reality in Education: proc.* 2020. P. 79–90.
- [42] Соколюк О. М. Інформаційно-освітнє середовище навчання в умовах трансформації освіти. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2016. №. 12(III). С. 48–55.
- [43] Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zaselskiy V. I. Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education : proc.* 2019. P. 130–144.
- [44] Kanivets O., Kanivets I., Gorda T., Burov O. Development of Augmented Reality Mobile Application in Physics to Study the Electric Circuit. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2020. Vol. 1. P 653–664.
- [45] Panchenko L. F., Vakaliuk T. A., Vlasenko K. V. Augmented reality books: concepts, typology, tools. *3d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education : proc.* 2020. P. 283–296.
- [46] Hrunтова Т. В., Ячкало Я. В., Стриук А. М., Пикільняк А. В. Augmented Reality Tools in Physics Training at Higher Technical Educational Institutions. *Proc. 1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2018. P. 33-40.
- [47] Malchenko S. L., Mykoliuk D. V., Kiv A. E. Using interactive technologies to study the evolution of stars in astronomy classes. *Proc. 2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2019. P. 145-155.
- [48] Nechypurenko P. P., Starova T. V., Selivanova T. V., Tomilina A. O., Uchitel A. D. Use of Augmented Reality in Chemistry Education. *Proc. 1st Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2018. P. 15-23.
- [49] Rashevskaya N. V., Semerikov S. O., Zinonos N. O., Tkachuk V. V., Shyshkina M. P. Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry.



- Proc. 3d International Workshop on Augmented Reality in Education*. 2020. P. 79-90.
- [50] Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Zaselskiy V. I. Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *Proc. 2d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2019. P. 130-144.
- [51] Osypova N. V., Tatochenko V. I. Improving the learning environment for future mathematics teachers with the use application of the dynamic mathematics system GeoGebra AR. *Proc. 4th Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2021 P. 178-196.
- [52] Panchenko L. F., Vakaliuk T. A., Vlasenko K. V. Augmented reality books: concepts, typology, tools. *Proc. 3d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2020. P. 283-296.
- [53] Prokhorov O. V., Lisovichenko V. O., Mazorchuk M. S., Kuzminska O. H. Developing a 3D quest game for career guidance to estimate students' digital competences. *Proc. 3d Intl. Workshop on Augmented Reality in Education*. 2020, P. 312-327.
- [54] Kidd S., Crompton H. Augmented Learning with Augmented Reality. *Mobile Learning Design. Lecture Notes in Educational Technology*. Springer, Singapore, 2016. DOI: 10.1007/978-981-10-0027-0\_6.
- [55] Канівець О. В., Канівець І. М., Кононець Н. В., Горда Т. М. Розроблення мобільних додатків доповненої реальності для вивчення тривимірних моделей із інженерної графіки. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. № 79(5), С. 213-228. DOI: 10.33407/itlt.v79i5.3217.
- [56] Grubert J., Langlotz T., Zollmann S., Regenbrecht H. Towards Pervasive Augmented Reality: Context-Awareness in Augmented Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2016. Vol. 23, № 6, P. 1706-1724. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2543720.
- [57] Petersen N. Didier Strickerab Cognitive Augmented Reality. *Computers & Graphics*. 2015. Vol. 53, № A, P. 82-91, DOI: 10.1016/j.cag.2015.08.009.
- [58] Olsson T. , Karkkainen T. , Lagerstam E. , Venta-Olkkonen L. User evaluation of mobile augmented reality scenarios. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2012. Vol. 4, №. 1, P. 29-47. DOI: 10.3233/AIS-2011-0127.
- [59] Lee K. Augmented Reality in Education and Training. *Tech Trends*. 2012. Vol. 56. P. 13-21. DOI: 10.1007/s11528-012-0559-3.
- [60] Harders M., Bianchi G., Knoerlein B., Szekely G. Calibration, Registration, and Synchronization for High Precision Augmented Reality Haptics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2009. Vol. 15, № 1, P. 138–149. DOI: 10.1109/TVCG.2008.63.
- [61] Kim G. Augmented Reality Continuum Concepts and Reference Model – Part 1: ARC Reference Model (Work Item Proposal). ISO-IEC JTC 1 SC 24, 2012. 18521-1.
- [62] Guimaraes M. D. P., Martins, V. F. *A Checklist to Evaluate Augmented Reality Applications*. *16th Symposium on Virtual and Augmented Reality*, Piata, 2014. Salvador, Brazil: IEEE. DOI:10.1109/SVR.2014.17.

- [63] Биков В. Ю., Литвинова С. Г. Віртуальна та доповнена реальність в освітньому процесі як засоби навчання інноваційного педагога-лідера. *Лідери XXI століття. Формування особистості харизматичного лідера на основі гуманітарних технологій для управління соціальними системами: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції 28-29 жовтня 2021 р.* / за заг. ред, Романовського О.Г. – Х.: ФОП Бровін О.В., 2021. 152с.
- [64] Soroko N. V. The augmented reality functions to support the STEAM education at general education institutions. *Фізико-математична освіта*. 2021. № 29 (3). С. 24–30. DOI: 10.31110/2413-1571-2021-029-3-004
- [65] Литвинова С. Г., Соколюк О.М. Критерії та показники оцінювання якості освітніх об'єктів доповненої реальності в підручниках фізики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. №2 (88). С. 23-37. DOI: 10.33407/itlt.v88i2.4870
- [66] Foreman N., Korralo L., Past and future applications of 3-D (VIRTUAL REALITY) technology". *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2014. Vol. 6, № 94. P. 1-8, URL: <https://ntv.ifmo.ru/file/article/11182.pdf>.
- [67] Моніторинг глобальних технологічних трендів. *Трендлеттери*. : вебсайт. URL: <https://issek.hse.ru/trendletter/>.
- [68] Riva G. Virtual reality in neuroscience: a survey. *Studies in Health Technology and Informatics*. 1998. Vol. 58, P. 191–199. DOI:10.3233/978-1-60750-902-8-191.
- [69] Riva G., Gaggioli A., Villani D., Preziosa A., Morganti F., Corsi R., Faletti G., Vezzadini L. NeuroVR: an open-source virtual reality tool for research and therapy. *15th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*, Long Beach, California, 2007.
- [70] Rizzo A. A., Schultheis M. T. Expanding the boundaries of psychology: the application of virtual reality. *Psychological Enquiry*. 2002. Vol. 13, №. 2, P. 134–140.
- [71] Wiederhold B. K., Wiederhold M. D. Lessons learned from 600 virtual reality sessions. *Cyberpsychology and Behavior*. 2000. Vol. 3, №. 3. P. 393–400. DOI: 10.1089/10949310050078841.
- [72] Wiederhold B. K., Wiederhold M. D. Virtual Reality Therapy for Anxiety Disorders: Advances in Evaluation and Treatment. US : American Psychological Association, 2005.
- [73] Cardenas G., Munoz S., Gonzalez M., Uribarren G. Virtual reality applications to agoraphobia: a protocol. *Cyberpsychology and Behavior*. 2006. Vol. 9, №. 2. P. 248–250, URL: 10.1089/cpb.2006.9.248.
- [74] Gershon J., Anderson P., Graap K., Zimand E., Hodges L., Rothbaum B. O. Virtual reality exposure therapy in the treatment of anxiety disorders. *The Scientific Review of Mental Health Practice*. 2004. Vol. 1. P. 76– 81.
- [75] Технологии оптимизации и восстановления когнитивных функций человека виртуальной средой 2014–2016 : вебсайт. URL: [https://grant.rscf.ru/prjcard\\_int?14-15-00918](https://grant.rscf.ru/prjcard_int?14-15-00918).

- [76] Lampton D. R., Clark B. R., Knerr B. W. Urban combat: the ultimate extreme environment. *Journal of Society for Human Performance in Extreme Environments*. 2003. Vol. 7. P. 57–62.
- [77] Foreman N. P., Sandamas G., Newson D. Distance underestimation in virtual space is sensitive to gender but not activity-passivity or mode of interaction. *Cyberpsychology and Behavior*. 2004. Vol. 7. №. 4. P. 451–457. URL: 10.1089/cpb.2004.7.451.
- [78] Pinchuk O. P., Tkachenko V. A., Burov O. Yu. AV and VR as Gamification of Cognitive Tasks. *15 th Int. Conf. ICTERI 2019 : Proc. Vol-2387.*, Kherson, 2019. P. 437-442. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190437.pdf>.
- [79] Полутина Н. С. Актуальные направления исследований в психологии компьютерной игры. *Интеграция образования*. 2010. №4. С. 93-97.
- [80] Sheldon L. *The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game*. Boston : Cengage Learning PTR, 2012, 256 p.
- [81] Пінчук О. П., Ткаченко В. А. Засоби віртуалізації у синтетичному навчальному середовищі. *Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України*, м. Київ, 2019. С. 131-132. URL: <http://lib.iitta.gov.ua/715956/>.
- [82] Immersive Experiences in Education. *Microsoft* : вебсайт. URL: <https://edudownloads.azureedge.net/>.
- [83] Al-Imamy S. Y. Blending printed texts with digital resources through augmented reality interactio. *Educ Inf Technol*. 2020. № 25. P. 2561–2576. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10070-w>.
- [84] Köse H., Güner-Yildiz N. Augmented reality (AR) as a learning material in special needs education. *Educ Inf Technol*. 2021. № 26, P. 1921–1936. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10326-w>.
- [85] Özçakır B., Çakıroğlu E. Fostering spatial abilities of middle school students through augmented reality: Spatial strategie. *Educ Inf Technol*, 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10729-3>.
- [86] Семотюк О. П. *Сучасний словник іншомовних слів*. Харків : Ранок, 2008. С. 320.
- [87] Ritsos P. D., Ritsos D. P., Gougoulis A. S. Standards for Augmented Reality: a User Experience perspective. *2nd International AR Standards Meeting: proc.* 2011. URL: <https://pdritsos.com/files/Ritsos-et-al-4th-AR-Standards.pdf>.

**Науково-методичне видання**

**КРИТЕРІЇ І ПОКАЗНИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ  
ОСВІТНЬОГО ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ  
З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ**

Методичні рекомендації

*Колектив авторів:*

С. Г. Литвинова

О. П. Пінчук

Л. А. Лупаренко

О. М. Соколюк

Інститут цифровізації освіти  
Національної академії педагогічних наук України  
м. Київ, вул. Максима Берлінського, 9  
Свідоцтво про державну реєстрацію:  
серія ДК №7609 від 23.02.22 р.  
електронна пошта (e-mail): iitzn\_apn@ukr.net