

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
Кафедра Медіасистем та технологій
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Комп'ютерні технології
та системи видавничо-поліграфічних виробництв
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри МСТ _____
(підпис)
« 26 » жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Бондаренко Тетяни Євгенівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Застосування мультимедійного контенту
для навчальних видань з доповненою реальністю

Затверджена наказом по університету від 23 жовтня 2020 р. № 1430 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 4 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи
Шкільний підручник до інтегрованого предмету «Мистецтво», файли звукового
супроводження шкільного предмету «Мистецтво»

Апаратна складова технології доповненої реальності – смартфон з операційною
системою Android.

Умови прослухування контенту – замкнене приміщення

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Вступ; Визначення актуальності, мети і завдань атестаційної роботи; Технологія доповненої
реальності; Аудіо контент у доповненій реальності. Основні види та параметри; Процес
розробки додатку з доповненої реальності з аудіо контентом; Експериментальне дослідження
ефективності розробленої методики розробки додатку з доповненою реальністю в unity;
Економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів)

Вступ, мета роботи; Об'єкт та предмет дослідження; Приклади використання AR додатків в
освіті; Діаграма розвитку ринку додатків з AR; Класифікація систем доповненої реальності,
Схема розміщення у AR-технології; Смартфони та AR – технологія; Схема розробки додатку з
елементами доповненої реальності; Аудіо контент у доповненій реальності; Метод експертної
оцінки; Результат експериментального дослідження; Економічне обґрунтування; Економічна
частина; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Кулішова Н.Є.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на дипломну роботу	24.10.2020	
2	Визначення актуальності, мети і завдань атестаційної роботи;	25.10.2020	
3	Технологія доповненої реальності; аудіо контент у доповненої реальності.	28.10.2020	
4	Аудіо контент у доповненої реальності.	30.11.2020	
5	Процес розробки додатку з доповненої реальності з аудіо контентом	01.11.2020	
6	Експериментальне дослідження	05.11.2020	
7	Економічна частина	15.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки	20.11.2020	
9	Оформлення графічної частини	25.11.2020	
10	Захист роботи	04.12.2020	

Дата видачі завдання 23 жовтня 2020 р.

Студент _____ Бондаренко Т.Є.
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Кулішова Н.Є.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 74 сторінки, 23 рисунки, 11 таблиць, 18 використаних джерел.

ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, AR ТЕХНОЛОГІЯ, МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ КОНТЕНТ, НАВЧАЛЬНИЙ ДОДАТОК AR, ОСВІТА, ПІДРУЧНИК З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ, МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ КОНТЕНТ, МЕТОД ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК, РАНЖУВАННЯ, СЕРЕДОВИЩЕ UNITY.

Мета атестаційної роботи – це підвищення якості шкільних підручників з мистецтва з елементами доповненої реальності та підготовки мультимедійного контенту для доповненої реальності.

Об'єкт дослідження – процес розробки шкільних підручників з доповненою реальністю, що використовує мультимедійний контент.

Предмет дослідження – методи експертного оцінювання, метод ранжування.

В процесі виконання роботи було проведено аналіз аналогів додатків з AR, огляд технології розробки додатків з AR, досліджено особливості обробки звукового контенту, був проведений аналіз розглянутих методів експертної оцінки.

В якості експериментальної частини атестаційної роботи розроблено методику проектування додатків з доповненою реальністю, що використовують звуковий контент. Здійснений підбір найкращих налаштувань звуку для додатку з доповненою реальністю для навчальних видань з доповненою реальністю.

Проведене економічне обґрунтування доцільності проведення даної науково-дослідної роботи (НДР).

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 74 страницы, 23 рисунка, 11 таблиц, 18 использованных источников.

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, AR ТЕХНОЛОГИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫМ КОНТЕНТОМ, УЧЕБНЫЙ ПРИЛОЖЕНИЕ AR, ОБРАЗОВАНИЕ, УЧЕБНИК С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ, МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ КОНТЕНТ, МЕТОД ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК, РАНЖИРОВАНИЕ, СРЕДА UNITY.

Целью аттестационной работы является повышение качества школьных учебников по искусству с элементами дополненной реальности и подготовки мультимедийного контента для дополненной реальности.

Объект исследования - процесс разработки школьных учебников с дополненной реальностью, используя мультимедийный контент.

Предмет исследования – методы экспертного оценивания, метод ранжирования.

В процессе выполнения работы был проведен анализ аналогов приложений с AR, обзор технологии разработки приложений с AR, исследованы особенности обработки звукового контента, был проведен анализ рассмотренных методов экспертной оценки.

В качестве экспериментальной части аттестационной работы разработана методика проектирования приложений с дополненной реальностью, использующих звуковой контент. Осуществлен подбор лучших настроек звука для приложения с дополненной реальностью для учебных изданий с дополненной реальностью.

Проведено экономическое обоснование целесообразности проведения данной научно-исследовательской работы (НИР).

ABSTRACT

The explanatory note contains 74 pages, 23 pictures, 11 tables, 18 sources used.

AUGMENTED REALITY, AR TECHNOLOGY, MULTIMEDIA CONTENT, EDUCATIONAL AR APPLICATION, EDUCATION, AUGMENTED REALITY TEXTBOOK, MULTIMEDIA CONTENT, EXPERT ASSESSMENT METHOD, RANKING, UNITY ENVIRONMENT.

The purpose of the certification work is to improve the quality of school textbooks on art with elements of augmented reality and the preparation of multimedia content for augmented reality.

The object of research is the process of developing augmented reality school textbooks that use multimedia content.

The subject of research - methods of expert evaluation, ranking method.

In the course of work the analysis of analogues of AR applications was carried out, the review of technology of development of AR applications was carried out, features of sound content processing were investigated, the analysis of the considered methods of expert estimation was carried out.

As an experimental part of the certification work a method of designing augmented reality applications that use audio content was developed. Selected the best sound settings for an augmented reality application for augmented reality educational publications.

The economic substantiation of expediency of this research work (R&D) carrying out is carried out.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	9
1 ВИЗНАЧЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ, МЕТИ І ЗАДАЧ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ	10
1.1 Розвиток ринку додатків з доповненою реальністю	10
1.2 AR – технології в освіті	13
2 ТЕХНОЛОГІЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	21
2.1 Доповнена реальність – мультимедійні можливості для друкованого підручника	21
2.2 Области застосування AR – технології.....	23
2.3 Класифікація систем доповненої реальності.....	24
2.4 Принципи роботи AR – технології.....	27
2.5 Смартфони та AR-технологія	29
2.6 Розробка елементів доповненої реальності в Unity	31
3 АУДІО КОНТЕНТ У ДОПОВНЕНІЙ РЕАЛЬНОСТІ. ОСНОВНІ ВИДИ ТА ПАРАМЕТРИ.....	33
3.1 Огляд основних видів і параметрів форматів аудіофайлів	34
3.2 Обробка аудіо контенту.....	36
3.3 Основні параметри налаштування аудіо контенту в програмному середовищі Unity	38
4 ПРОЦЕС РОЗРОБКИ ДОДАТКУ З ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ З АУДІО КОНТЕНТОМ	42
5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРОБКИ ДОДАТКУ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНОСТЮ В UNITY	44
5.1 Параметри налаштування аудіо для додатку з доповненою реальністю ..	47
5.2 Метод експертної оцінки.....	49

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	62
6.1 Характеристика науково-дослідної роботи.....	62
6.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата.....	62
6.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР.....	65
6.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи.....	69
6.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР	70
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	73

ВСТУП

В даний час однією з актуальних проблем в галузі освіти є відсутність у дітей бажання читати книги, вони поглинені різними іграми, пристроями, а інформацію в основному отримують із сайтів і відеороликів в інтернеті.

Сьогодні набір засобів, застосованих в освіті, вийшов за рамки книг, ручок, олівців та класної дошки. Розширюються можливості інтерактивних технологій, які відкривають двері в віртуальні класи для викладання і навчання студентів.

Українська освіта поки робить лише перші кроки в напрямку використання новітніх технологій, серед яких хотілося б виділити доповнену реальність (Augmented Reality – AR). В Україні доповнена реальність часто використовується в іграх, приносячи більш реалістичні відчуття геймерам. Доповнену реальність застосовують в енциклопедіях і в дитячій художній літературі. Вона не тільки дозволяє дати більше наочних знань, а й розважає, що важливо в роботі з дітьми

Доповнена реальність може допомогти зробити заняття більш інтерактивними і дозволити учням більше зосередитись на практиці, а не в теорії. Оскільки AR додає віртуальні об'єкти в реальний світ, це дозволяє учням тренувати навички, використовуючи фізичні пристрої. Однак, в даний час в Україні технологія доповненої реальності рідко ще використовується для навчання дітей у школі.

1 ВИЗНАЧЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ, МЕТИ І ЗАДАЧ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Доповнена реальність на перший погляд може здатися не такою захопливою, як віртуальна реальність, проте може додати неабияку користь в повсякденне життя. Вона має в собі величезний потенціал, оскільки переносить елементи з віртуального світу в реальний, доповнюючи речі, які ми здатні бачити, чути, чи навіть відчувати.

Віртуальна реальність створює свій світ, куди може зануритися людина, а доповнена додає віртуальні елементи в світ реальний.

1.1 Розвиток ринку додатків з доповненою реальністю

Світовий ринок технологій доповненої та віртуальної реальності (augmented reality, AR / virtual reality, VR) в 2020 році виріс на 78,5% щодо попереднього року, досягнувши 18,8 млрд доларів [1].

Очікується, що в найближчі п'ять років обсяг даного ринку буде збільшуватися на 77% (CAGR) щорічно в чому завдяки корпоративному сектору, частка якого підвищиться до 68,8% в 2023-м (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Діаграма розвитку світового ринку технології AR

Комерційне впровадження AR / VR буде і далі розширюватися у міру того, як знижуються витрати на такі проекти, а переваги від повноцінного розгортання стають все більш відчутними. Тепер розмови про технологічні плюси змінюються демонстрацією реальних та вимірних результатів для бізнесу, включаючи підвищення продуктивності та ефективності, передачу знань, безпеку співробітників і привабливі можливості роботи з клієнтами.

З географічної точки зору лідером за витратами в області AR / VR в 2020 році буде Китай - країна вкладе в цей напрямок близько 5,8 млрд доларів. Друге та третє місця займуть США та Західна Європа з результатами в 5,1 та 3,3 млрд доларів відповідно. Слідом розташується Японія (1,8 млрд доларів). При цьому найвищі темпи зростання витрат на технології доповненої реальності очікуються в Західній Європі (CAGR 104,2%) та США (+ 77,1%). Серед галузей лідируватиме з інвестицій та впровадження AR / VR-технологій роздрібна торгівля (1,5 млрд доларів витрат в 20120) та дискретне виробництво (1,4 млрд доларів). 15 секторів будуть показувати щорічне зростання, що перевищує 100%, в найближчі п'ять років: серед них - операції з цінними паперами та інвестиціями (прогнозоване зростання становить 181,4% в рік) та банківська галузь (151,9 %).

Інвестиції в технології доповненої та віртуальної реальності для споживчого застосування у 2020 році складатимуть 7 млрд доларів, а темпи зростання в 5-річному горизонті - 39,5%.

У споживчому сегменті розробки AR / VR використовуються переважно для ігор у віртуальній реальності (світові витрати на це у 2020 році досягнуть 3,3 млрд доларів) і перегляд відео (1,4 млрд доларів).

У комерційному секторі технології AR / VR найбільше застосовуються для навчання - у 2020 році витрати зросли до 2,6 млрд доларів. Приблизно 914 млн доларів були витрачені на такі розробки з метою обслуговування промислових систем.

Згідно із прогнозом дослідницької компанії Digitimes Research, обсяг світового ринку шоломів доповненої та віртуальної реальності протягом п'яти років буде зростати на 52,7% щорічно та досягне 40 млн у 2023 році.

Третина світового населення дотримується карантину, тому більшість в цей період покладається на цифрові продукти та послуги. В умовах пандемії зростає інтерес до технологій, а разом з тим - лояльність до нових розробок.

Менше ніж за півроку світ перебудувався на онлайн-режим: сотні мільйонів людей працюють з дому, спілкуються з друзями по відеозв'язку, здійснюють покупки в інтернет-магазинах і користуються цифровими послугами. Пандемія коронавірусу прискорила цифровізацію - в умовах, коли будь-які контакти з людьми представляють реальну загрозу для здоров'я, всі процеси перетікають в онлайн.

Інтерес до цифрових технологій зростає, а паралельно з цим ростуть котирування акцій технологічних стартапів. Опитування National Research Group показало, що в умовах пандемії 88% людей стали більш позитивно оцінювати вплив технологій на повсякденне життя. Довіра до технологічних компаній, яке стабільно спадала останні пару років, поступово відновлюється [2].

Віртуальні товари та послуги б'ють рекорди популярності - всього за рік інтерес до цієї теми підскочив в 25 разів. Це стосується і доповненої реальності, яка має всі шанси стати однією з головних технологій 2020 року. До цього AR-рішення використовували як альтернативний варіант, але в новому десятилітті вони можуть вийти на передній план.

В умовах пандемії, коли офіси зачинилися та співробітники перейшли на віддалений режим роботи, попит на AR і VR-послуги зріс. Корпорації усвідомили, що одних тільки відеоконференцій недостатньо, щоб постійно підтримувати зв'язок з командою; а персонал потрібно навчати навіть під час карантину.

Стартапи, які працюють в цій сфері, зараз залучають десятки мільйонів доларів. Американська компанія Altspace, яка організовує конференції у віртуальній реальності, вже відзначила підвищений попит.

Невідомо, коли підприємства повернуться до нормального режиму роботи, але вже очевидно, що після коронакризи звичні процеси назавжди зміняться. Це стосується і найму, і навчання, і організації роботи. Більш того, підприємства будуть скорочувати витрати і частіше користуватися послугами самозайнятих працівників на аутсорс

1.2 AR – технології в освіті

Впровадження технології доповненої реальності в освітній процес може зробити навчання більш інтерактивним за допомогою спеціальних турів, в яких учні можуть розглядати різноманітні об'єкти, поки викладач про них розповідає. Технології доповненої реальності дають учням можливість глибше вивчати предмети, аналізувати наслідки світових подій, брати участь в археологічних експедиціях і багато іншого, а головне – робити все це можна у розважальній формі. Завдяки доповненій реальності учні мають змогу набутися досвіду, до якого зазвичай не мають доступу. Технології AR надають ефективний інструмент для поліпшення умов навчання і розвитку пам'яті школярів, оскільки вони забезпечують їх занурення в мультимодальне середовище, збагачене багатьма сенсорними особливостями. Величезним плюсом використання AR є її наочність, інформаційна повнота та інтерактивність [3].

Користуючись додатками з доповненою реальністю, учні можуть управляти об'єктами: переміщати їх, повертати, змінювати масштаб, розглядати з різних сторін – іншими словами, взаємодіяти з різними інтерактивними елементами. Це дає великий імпульс до розвитку просторового мислення, підвищує якість одержуваної інформації та її засвоєння, робить досліджуваний предмет більш привабливим, сприяє збільшенню рівня пізнання.

Здібності доповненої реальності по візуалізації підручників, фізичних процесів, дозволяють утримувати увагу учнів тривалий час, що в свою чергу підвищує ефективність засвоєння матеріалу.

В освіті доповнена реальність може бути використана для відтворення історичних подій або читання звичайних книг в 3D-проекції. Доповнена реальність надзвичайно корисна для педагогів в умовах занять в класі або під час презентацій та дозволяє учням глибше зрозуміти певну тему. 2020 рік став справжнім викликом для сфери освіти, змусивши пристосовуватись школярів, вчителів та батьків до навчання у новому форматі.

В Україні багато хто вперше зіткнулися з AR після виходу книги «Аліса в країні чудес», яку група Art Nation створила спільно з художницею-ілюстратором Е. Гапчинською [4] (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Книга з доповненою реальністю «Аліса в країні чудес»

Ще один приклад - підручник з доповненої реальності з фізики для 7 класу. У цій версії продукту маркерами доповненої реальності є сторінки шкільного підручника, на які потрібно спрямувати смартфон або планшет для перегляду віртуального контенту. Додаток містить набір анімованих тривимірних візуалізацій фізичних процесів та явищ (рис. 1.3).

RApp Chemistry (A) – це додаток доповненої реальності, яке дозволяє учням дізнатися про атомну структуру хімічних елементів в 3D (рис. 1.4) [5].

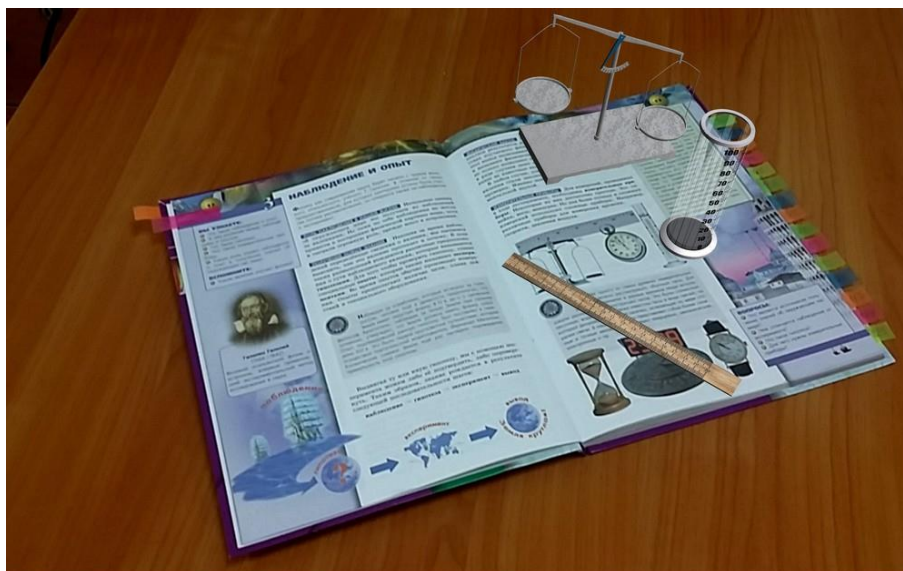


Рисунок 1.3 – Підручник з доповненою реальністю «Фізика 7 клас»

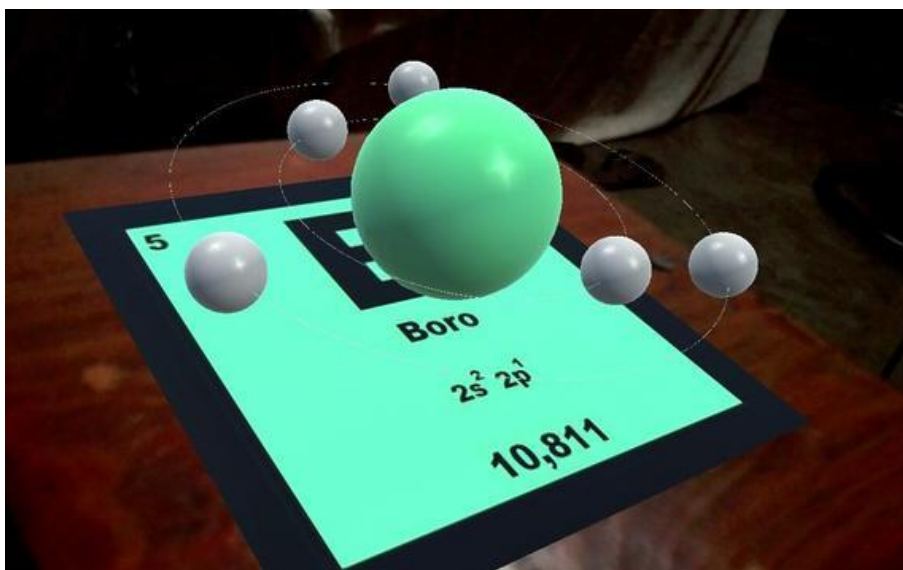


Рисунок 1.4 – Додаток з доповненою реальністю зі структурою хімічних елементів «RApp Chemistry (A)»

Пошук Google – крім звичайного пошуку відповідей на різноманітні питання, за допомогою Пошуку Google можна зробити більше. Наприклад, перетворити вітальню в зоопарк минулого і сьогодення, вивчаючи тваринний світ за допомогою доповненої реальності (AR). Під час пошуку динозавра,

алігатора, бурого ведмедя, оленя, їжака, вовка та інших за допомогою мобільного пристрою, можна натиснути «Переглянути в 3D», щоб повернути чи збільшити масштаб та переглядати тварин зблизька (рис. 1.5) [6].



Рисунок 1.5 – Пошук Google 3D

Доповнена реальність знаходить відмінне застосування в сфері освіти, а такі додатки, як BBC Civilisations AR, прокладають шлях до AR-орієнтованого майбутнього. BBC Civilisations AR дає користувачам можливість помилуватися різними історичними артефактами, розглянути їх з різних сторін і змінити масштаб (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Додаток з доповненою реальністю «BBC Civilisations»

При першому запуску програми є зручне керівництво, яке ознайомить користувача з єгипетською мумією, її історією і навіть дозволяє заглянути всередину за допомогою функції рентгенівських променів. BBC Civilisations AR містить більше 30 історичних реліквій, які можна оглянути, дослідити і відобразити на фото. Додаток відмінно підійде тим, хто захоплюється історією або хоче зазирнути в музеї майбутнього [7].

Додаток Mondly [7] підійде тим, хто хоче вивчити нову мову, але не може виділити на це час. Додаток пропонує 33 мови для вивчення і завдяки щоденним вправам користувачі зможуть швидко освоїти бажаний навик. Існує VR-версія Mondly для Gear VR з вбудованою в додаток AR-технологією. В AR-режимі користувача попросять знайти плоску поверхню, де буде проектуватися AR-викладач, який проведе урок, пропонуючи приклади слів для запам'ятовування (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Додаток «Mondly» для вивчення іноземної мови

Мобільний додаток для створення додаткового досвіду використання глобусів і географічних карт компанії «Globen» у дітей і підлітків (рис. 1.8). Доповнена реальність додатки працює при наведенні камери мобільного пристрою на глобуси або географічні карти. Користувачеві доступні безліч розділів: тварини, пам'ятки, країни, космос тощо. З кожним об'єктом можна взаємодіяти: обертати, змінювати розмір, подивитися анімації, послухати

корисну інформацію. Після вивчення сцени можна пройти тест для кращого засвоєння матеріалу. Для користувачів без глобуса доступний режим з 3D моделлю Землі [7].



Рисунок 1.8 – Додаток «Globen» з доповненою реальністю

Компанія Adrien M & Claire B працює в галузі цифрових мистецтв з 2004 року. Її твори – це вистави та виставки, що пов’язують реальність і віртуальність. У галереї можна навести на картину смартфона і побачити, як картина оживає [8] (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Виставка картин із технологією доповненої реальності

В Україні тільки починає розвиватися доповнена реальність в освіті. Є підручники для школярів з 3D моделями, явищами та відео. В даний час розробляють додаток «Музей» [9], в якому є можливість навести на експонат та запуститися аудіо, в якому розповідається історія. Але додаток для школярів з аудіо контентом ще не розробили.

Bose AR [10] є першою в своєму роді аудіо-платформою доповненої реальності, що поєднують можливості аудіо-продуктів Bose з інноваційними мобільними додатками. Пристрій Bose AR є досить незвичайним зразком системи доповненої реальності. Ці окуляри доповнюють світ навколо користувача не візуальними об'єктами, а звуком.

З підключеними навушниками Bose, що підтримують Bose AR, на екрані вибирають місце для відвідування і слухають навігаційні повідомлення. Навігація з підтримкою Bose AR виконується за допомогою об'єктів: замість «через сто метрів поверніть наліво» користувач чує «за Макдональдсом поверніть наліво».

Bose AR Showcase та навчальні посібники поки що будуть переведені тільки на англійську. Додатки для Android все ще знаходяться в розробці. Додатків українською мовою, на жаль, поки немає.

Серед існуючих навчальних програм AR є підручники з доповненою реальністю, більшість з них - з фізики. У подібних програмах контентом є тривимірні моделі і анімація. Особливість інтегрованого курсу «Мистецтво» - його мультимедійність, так як об'єктами вивчення в ньому є твори живопису, скульптури, музика, балет, кіно, цирк, опера.

Тому в даній роботі розглядається процес розробки навчального додатку з мультимедійним контентом таким, як аудіо файли. Цей контент необхідно формувати так, щоб параметри файлів не тільки забезпечували високу якість доповненої реальності при перегляді, але і відповідали технічним можливостям пристроїв.

Мета атестаційної роботи – підвищення якості шкільних підручників з мистецтва з елементами доповненої реальності та підготовки мультимедійного контенту для доповненої реальності.

Об’єкт дослідження – процес розробки шкільних підручників з доповненою реальністю, що використовує мультимедійний контент.

Предмет дослідження – додаток до підручника з мистецтва з прикладом роботи доповненої реальності.

Для того, щоб досягти мети дослідження, треба розв’язати кілька часткових задач, а саме:

- розглянути технологію розробки додатків з доповненою реальністю;
- дослідити особливості обробки звукового мультимедійного контенту;
- розробити методичку проектування додатків для шкільних підручників з доповненою реальністю, що використовують звуковий контент;
- провести експериментальне дослідження запропонованої методички.

2 ТЕХНОЛОГІЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Застосування AR-технології в даний час найбільше поширене в сферах бізнесу та розваг: створюються рекламні стенди та анімовані презентації, розробляються 3D-моделі, та багато іншого. Сьогодні у користувачів смартфонів та планшетів є можливість «облаштувати» свою кімнату, квартиру, будинок меблями з конкретного меблевого магазину, завдяки чому потенційні покупці розуміють, наскільки той чи інший об'єкт інтер'єру підходить саме їм.

Популяризації AR-технології сприяє підвищення загального рівня комп'ютерної грамотності, поширення інформаційних технологій на всі сфери людської діяльності, стрімкий розвиток мобільних комп'ютерних пристроїв та ігрової індустрії. Так, справжній прорив технології стався після виходу гри «Pokemon Go»: накладення 3D-об'єктів і спеціальних міток на навколишню місцевість викликало великий інтерес користувачів, резонанс в теле- та соціальних мережах.

2.1 Доповнена реальність – мультимедійні можливості для друкованого підручника

Для учня основним джерелом і інструментом засвоєння навчального матеріалу є підручник – книга, яка містить систематичний виклад знань у певній галузі і використовується як в системі освіти, на різних її рівнях, так і для самостійного навчання [11]. Підручник об'єднує навколо себе всі інші шкільні книги (навчальні посібники, популярну наукову літературу, зошити завдань і ін.), інші засоби навчання (наочні посібники, слайди тощо), координує роботу учнів.

До недавнього часу навчальні видання можна було строго розділити на друковані та електронні. Кожен з видів має свої переваги і недоліки, представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Переваги та недоліки друкованих та електронних підручників.

Друкований	Електронний
Переваги	
<ul style="list-style-type: none"> – більш повне сприйняття інформації завдяки можливості самостійно регулювати швидкість та порядок сприйняття; – інтерфейс друкованої книги дуже зручний та зрозумілий, завдяки звичці та навичкам, виробленим в дитинстві; – друкована книга повністю автономна (інформація зберігається досить довго, не потрібно зовнішнього джерела живлення). 	<ul style="list-style-type: none"> – використання мультимедійних можливостей; – можливість забезпечити навчальний матеріал динамічними малюнками; анімацією, 3D-моделей; – використання гіпертекстових посилань; – розвинений пошуковий механізм.
Недоліки	
<ul style="list-style-type: none"> – відсутність інтерактивності; – недостатня наочність при описі нових понять, явищ і процесів; – необхідно брати кілька підручників в один день. 	<ul style="list-style-type: none"> – стомлюваність, викликана читанням – з екрану; – розсіювання уваги; – необхідність додаткового обладнання; – обмеженість безперервного часу роботи.

Використання додаткової реальності дозволяє об'єднати в одному виданні переваги двох видів: з одного боку, основний матеріал можна буде прочитати і вивчити в друкованому вигляді, а при наявності планшета або телефону з необхідним додатком доповнити досліджуваний матеріал мультимедійними, інтерактивними моделями.

Доповнена реальність дозволяє інформаційно збагатити вміст книги і дати пояснення складних процесів, а також зацікавити і привернути увагу учнів. Навчальні видання з елементами доповненої реальності мають ряд переваг:

- візуалізація досліджуваних процесів;
- всебічна демонстрація досліджуваного об'єкта;
- розвиток абстрактного мислення;
- використання 3D-анімованих моделей;
- залучення уваги і інтересу учня.

За допомогою технології доповненої реальності стає можливим об'єднати друковане видання з додатковою цифровою інформацією та дати чітке і ясне уявлення про складних хімічних, фізичних і абстрактних поняттях (наприклад, дифузія, конвекція, інерція, тиск газу тощо.). Використання таких підручників дозволить поліпшити його інформаційну, дидактичну, розвивальну, а також мотиваційну функції. Процес навчання стає більш зрозумілим, наочним і цікавим.

2.2 Области застосування AR – технології

Найбільш поширена технологія доповненої реальності в сфері маркетингу. З допомогою AR - технології сьогодні можна приміряти одяг і різні аксесуари, спробувати різну косметику або макіяж, зачіску, і навіть машину. Широко поширена технологія доповненої реальності в сфері геолокації і туризму. Завдяки функції відстеження пристрою в просторі, технологія доповненої реальності надає можливість зорієнтуватися на місцевості, прокласти маршрут слідування, вивчити інформацію про зустрілася пам'ятки. Найбільш поширеним додатком такого типу є система «2Gis».

Використовується доповнена реальність і в медицині. В основному такі додатки носять навчальну мету: безумовно, практикувати знання медичного

характеру необхідно починати на найпростіші речі, в чому допомагає дана технологія.

Перспективним є використання доповненої реальності в архітектурі і будівництві. За допомогою даної технології, архітектор, який побудував креслення, отримує можливість побачити передбачуваний результат на основі нього на екрані планшета або смартфона. Технологія доповненої реальності використовується в ігровій індустрії

Останнім часом набирають популярність дитячі книги з доповненою реальністю. Такі книги являють собою звичайні друковані видання, які можна купити в магазині або замовити через Інтернет. Завантаживши додаток, спеціально призначене для придбаної книги, і встановивши його на смартфон або планшет, користувачеві надається можливість «оживити» ілюстрації, надруковані в книзі.

В освіті AR може бути використана для відтворення історичних подій або читання звичайних книг в 3D-проекції. Доповнена реальність надзвичайно корисна для педагогів в умовах занять в класі або під час презентацій та дозволяє учням глибше зрозуміти певну тему [12].

2.3 Класифікація систем доповненої реальності

Системи доповненої реальності можна класифікувати за кількома ознаками, які можуть описувати взаємодію з користувачем, технічні особливості і програмну складову.

AR – додатки доповнюють реальність, впливаючи на органи чуття людини, які дозволяють йому отримати уявлення про навколишній простір. За типом подання інформації можна виділити такі системи доповненої реальності як:

– візуальні. В основі даних систем лежить зорове сприйняття людини. Завдання таких систем - створити зображення, яке може бути використане людиною для досягнення його цілей;

– аудіо. Такі системи орієнтовані на слухове сприйняття. Дані системи можуть використовуватися в якості навігаторів. Можливе використання стереоскопічного ефекту, що дозволяє людині йти в потрібному напрямку, орієнтуючись на джерело звуку;

– аудіовізуальні. Дані системи є комбінацією двох попередніх типів, однак аудіоінформація в них носить допоміжний характер [13].

Системи доповненої реальності повинні отримувати інформацію про навколишнє середовище, на основі якої відбувається генерація віртуальних об'єктів. Для цього система повинна володіти певним набором сенсорів – пристроїв, що дозволяють фіксувати різні сигнали навколишнього середовища: звукові і електромагнітні коливання, прискорення тощо.

За типом сенсорів можна виділити наступні системи:

– оптичні – системи працюють із зображенням, отриманим з однієї або декількох камер;

– геопозиційні – системи орієнтуються на сигнали систем позиціонування GPS. На додаток такі системи можуть бути обладнані компасом і акселерометром для визначення кута повороту щодо вертикалі і азимута.

Системи доповненої реальності можна розділити за ступенем взаємодії з користувачем. В одних випадках користувач може грати пасивну роль і тільки спостерігати за змінами, що відбуваються, появою 3D-моделей або іншої додаткової інформації. В інших – брати активну участь – управляти роботою самої системи в цілому, змінювати віртуальні об'єкти, змінювати їх розмір, текстуру, напрямок руху тощо. За цією ознакою можна виділити наступні системи:

– автономні – не вимагають втручання користувача для своєї роботи. Завдання таких систем зводиться до надання інформації про об'єкти. Наприклад, подібні системи можуть аналізувати об'єкти, що знаходяться в полі зору людини і видавати про них довідкову інформацію;

– інтерактивні – робота систем ґрунтується на взаємодії з користувачем. На різні дії користувача такі системи дають різну відповідь. Подібні системи потребують пристроїв введення інформації. В якості такого пристрою може виступати сенсорний екран мобільного пристрою, планшет або спеціальний маніпулятор. У разі якщо користувачеві необхідно здійснювати прості дії з віртуальним об'єктом, досить простого вказування. У разі імітації будь-яких реальних процесів і виконання складних маніпуляцій з об'єктами використовуються спеціальні маніпулятори.

За ступенем мобільності можна виділити наступні системи доповненої реальності [14]:

– стаціонарні. Системи цього типу призначені для роботи в фіксованому місці; переміщення таких систем веде до часткової або повної припинення їх функціонування (симулятор хірургічного столу, кабіни пілота, віртуальні примірочні);

– мобільні. Системи цього типу можуть бути без праці переміщені; найчастіше їх переміщення і лежить в основі виконуваної ними функції (навігаційні системи, ігри, інформаційні, рекламні та розваж-кательня додатки). Схема класифікації систем доповненої реальності представлена на рис. 2.1.

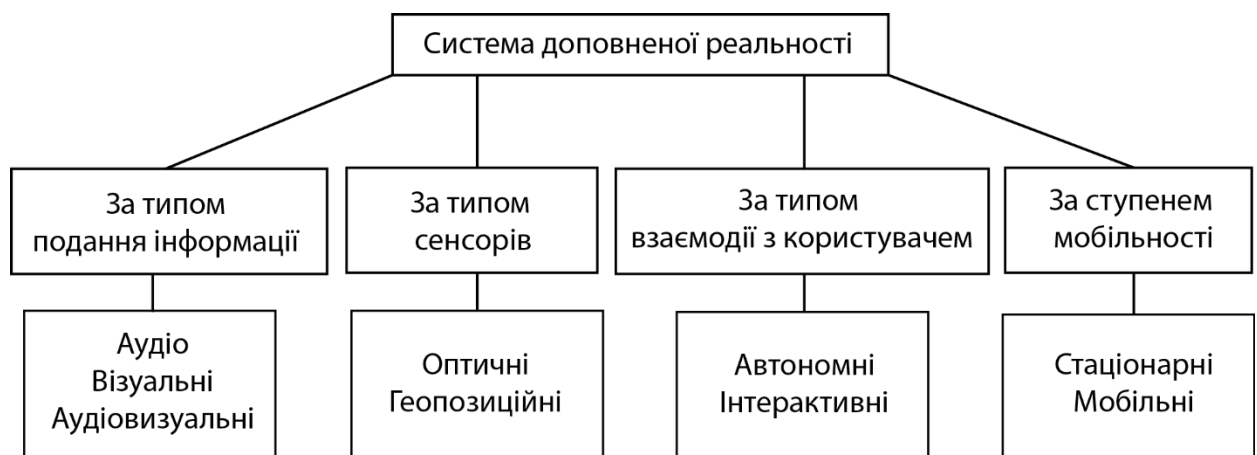


Рисунок 2.1 – Схема класифікації систем доповненої реальності

2.4 Принципи роботи AR – технології

Технології доповненої реальності ґрунтуються на механізмі накладення віртуального об'єкта (графіки, тексту, аудіо, відео та ін.) на реальний об'єкт навколишнього світу в реальному часі. При створенні доповненої реальності, розробник за допомогою спеціального програмного забезпечення і гаджетів поміщає об'єкти в простір в режимі реального часу.

Принцип роботи доповненої реальності полягає в тому, що вона програмним чином візуально поєднує два спочатку незалежних простору: світ реальних об'єктів і віртуальний світ, створений на комп'ютері.

Нова віртуальне середовище утворюється за допомогою накладення віртуальних об'єктів, запрограмованих раніше, поверх відеосигналу з камери, і стає інтерактивною шляхом використання спеціальних маркерів.

Трекінг – це складний процес, пов'язаний з відстеженням положення спостерігача щодо навколишнього оточення. Він є однією з найважливіших складових в реалізації технології доповненої реальності. Камеру можна уявити, як «очі» системи, а маркери – це «руки». На кожен маркер запрограмовано певна дія або 3D-об'єкт.

Технологія доповненої реальності існує під час взаємодії чотирьох основних об'єктів (рис. 2.2):

- камера;
- маркер;
- модель;
- програмне забезпечення.

В основу технології покладено алгоритми, пов'язані з розпізнаванням контрольних зображень (маркерів). Згенеровані спеціальні мітки заносяться в базу даних комп'ютера. Надалі при їх візуально знаходження і зчитування пристроєм, комп'ютер повинен розрахувати положення маркера, і відповідно до цього коректно підставити віртуальні 3D-об'єкти.



Рисунок 2.2 – Схема розміщення у AR-технології

Технології доповненої реальності розвиваються в трьох напрямках.

1. «Безмаркерна» технологія – працює з особливими алгоритмами розпізнавання, де на навколишню місцевість, зняту камерою, накладається віртуальна «сітка». Об'єкти реального світу самі по собі є маркерами, тобто відсутня необхідність створення спеціальних візуальних ідентифікаторів.

2. Технологія на базі маркерів або міток. Дана технологія зручна тим, що маркери розпізнаються камерою простіше, а також роблять прив'язку до місця для віртуальної моделі більш жорсткою. Вірогідність збоїв при використанні даної технології мінімальна.

3. Технологія прив'язки до GPS-міток. У будь-який смартфон вбудований датчик GPS, що відстежує місце розташування об'єкта (смартфона). Місце віртуального об'єкта визначається його координатами в просторі. В результаті після установки програми на пристрої з операційною системою Android воно запускається і при наведенні камери на мітки (сторінки підручника) відображаються необхідні об'єкти, в даному додатку включається аудіо виконавця.

Технологія розпізнавання мітки полягає в спеціальному алгоритмі, основне завдання якого – визначити тривимірне положення реальної мітки по

її знімку, отриманому за допомогою камери. Процес розпізнавання відбувається поетапно:

- зчитування зображення з камери;
- розпізнавання плям на кожному кадрі відео в пошуках рамки мітки;
- визначення внутрішнього змісту рамки;
- побудова віртуальної 3D-моделі в двомірній системі координат зображення камери;
- прив'язка моделі до мітки.

Використання контрастних маркерів зручно тим, що вони значно простіше розпізнаються камерою та дають стабільну прив'язку до місця для віртуальної моделі.

Для реалізації безмаркерної технології на зображення з камери накладається «сітка», на якій програмні алгоритми знаходять ряд опорних точок. Ці точки визначають місце, де буде розташований віртуальний об'єкт. В якості маркера також може виступати спеціальне зображення (фотографія, сторінка каталогу, картка), поєднання контрастних зон на якій служить природним міткою, до якої здійснюється прив'язка доповненої реальності. Зображення зчитує об'єкта може бути не занесено в базу даних на етапі розробки, але програмний алгоритм знаходить схожі структуру і розташування опорних точок і розпізнає його як мітку.

2.5 Смартфони та AR-технологія

Навчальні матеріали можуть бути досить дорогими, та не всі школи та освітні центри можуть дозволити собі їх купувати. У той же час, використовуючи AR для навчання, студентам просто необхідні мобільні пристрої і додатки AR. Беручи до уваги повсюдне використання мобільних пристроїв, доповнена реальність в освіті стає ще більш доступною.

AR-технологія вимагає використання пристроїв, оснащених відповідними датчиками, які дозволяють користувачам взаємодіяти з

навколишнім середовищем. Одним з найбільш поширених датчиків в додатках доповненої реальності є веб-камера. Веб-камера використовується в якості «електронного ока» в поєднанні з відповідними алгоритмами комп'ютерного зору, які витягують маркери з потоку відеоінформації. Решта використовує датчики: GPS, компас, акселерометр, гіроскоп. Це є стандартним обладнанням смартфонів.

У більшості школярів у гаджетах встановлена в основному операційна система Android, так як дана ОС досить поширена і лише 2% мають операційну систему IOS. Це вплинуло на рішення про створення мобільного додатку для підручника з мистецтва для операційної системи Android.

Google випустить нову версію платформи доповненої реальності ARCore 1.3, призначеної для роботи з мобільними пристроями на операційній системі Android. ARCore надає користувачеві можливість через смартфон взаємодіяти з різними віртуальними об'єктами, відображаючи їх на екрані мобільного пристрою в реальному часі і обстановці. При цьому наявність додаткових аксесуарів, таких як AR-окулярів, не подрібно.

Платформа AR використовує камеру телефону для захоплення масиву характерних точок. Можуть спостерігатися спеціальні контрастні позначки, зображення або плоскі поверхні. Об'єкт може бути прив'язаний до такої спеціальної мітки.

Продуктивність смартфонів та AR для доповненої реальності на базі мобільних пристроїв дуже важлива, бо пристрій повинен одночасно:

- визначати карту простору;
- завдавати на карті відстані;
- коригувати освітленість;
- розпізнавати характерні точки;
- виявляти площини та ін.

Для реалізації всіх цих функцій потрібні потужні сучасні смартфони. Багато існуючих сьогодні смартфони мають гіроскопи для вимірювання кута нахилу телефону і акселерометри для вимірювання швидкості руху телефону.

За допомогою характерних точок пристрої відстеження руху допомагають смартфону визначити позицію телефону. Коли платформа AR визначає позицію телефону, вона розуміє, де мають розміститися цифрові об'єкти AR, щоб вони здавалися природними у зовнішньому середовищі.

Гіроскопи та акселерометри в поєднанні з камерою смартфона та програмним забезпеченням для розробки AR - все це використовується для виявлення площин з метою розміщення на них об'єктів.

Обмеження мобільних AR додатків в умовах поганої освітленості AR є новою та розвиваємою технологією, особливо для смартфонів. Платформи розробки AR можуть багато, але існують деякі обмеження. У темних або затемнених середовищах більшість пристроїв доповненої реальності не зможуть правильно розпізнати середу і, отже, не зможуть відтворити і накласти цифрові об'єкти.

Технічні характеристики смартфона, необхідні для встановлення мобільного додатка формату .apk: версія операційної системи мобільного пристрою Android 5.1, вбудована камера 5Мп, APK-файл 50 Мб.

2.6 Розробка елементів доповненої реальності в Unity

Додаток з використанням елементів доповненої реальності має бути розроблений для смартфонів. Він може застосовуватися в процесі навчання безпосередньо на уроках та при виконанні роботи вдома. Для використання розробленого продукту не потрібно ніякого додаткового обладнання, крім смартфона або планшета, які мають камеру.

У даній роботі розглядається смартфон на платформі Android (модель Huawei P Smart +). Динаміки Huawei P Smart + (POT-LX3 / POT-L23 / POT-LX1), поліфонічний (Buzzer). Поліфонічні динаміки відповідають за якісне відтворення звуку на мобільному телефоні.

Для розробки додатку і елементів доповненої реальності, був обраний плагін Vuforia на движку Unity. Він дозволяє створювати елементи доповненої

реальності без додаткових матеріальних витрат, має досить багато можливостей. В ході дослідження планується розробка AR додаток для операційної системи Android, яким можна користуватися за допомогою смартфонів або планшетів як безпосередньо на уроці, так і вдома.

Для будь-якої програми з використанням технологій доповненої реальності, необхідні мітки і прив'язані до них об'єкти. Якісною міткою прийнято вважати таке зображення, яке має велику кількість опорних точок для розпізнавання їх камерою [15]. Для додатка потрібно створити елементи доповненої реальності, для завдання маркерів підготувати зображення сторінок підручника з мистецтва за допомогою плагіна Vuforia на ігровому движку Unity. Загальну схему процесу розробки додатку для підручника з AR наведено на рис. 2.3.

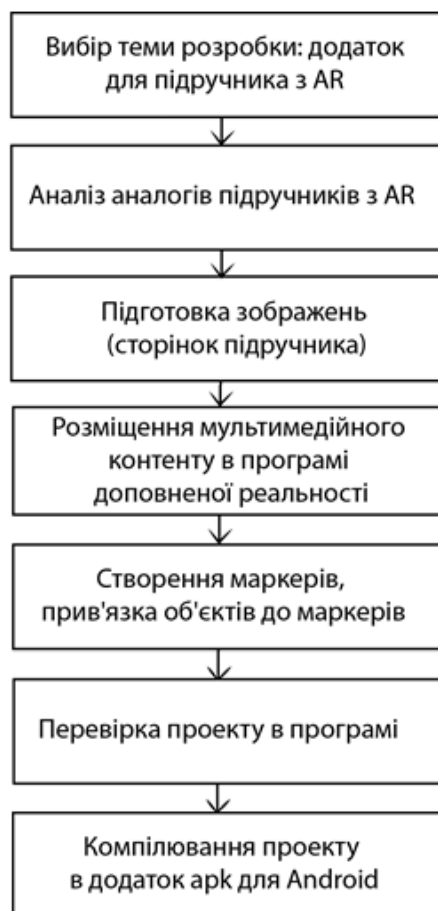


Рисунок 2.3 – Схема розробки додатку з елементами доповненої реальності

З АУДІО КОНТЕНТ У ДОПОВНЕНІЙ РЕАЛЬНОСТІ. ОСНОВНІ ВИДИ ТА ПАРАМЕТРИ

У сучасному світі кожен день мільйони людей переглядають тисячі відео і прослуховують не менш аудіо записів. Сьогодні можна побачити запис будь-якої події, що відбувається в іншій точці земної кулі та подивитися будь-який фільм, прослухати симфонії та музичні треки улюблених груп, не відвідуючи концерти особисто. І все це можливо завдяки інформаційним технологіям обробки відео та аудіо інформації.

Не завжди людина може зосередитися на перегляді відео. У ситуації, коли його зорова увага має бути сконцентрованою на іншому об'єкті, наприклад, при керуванні автомобілем на дорозі, використовуються аудіосистеми. Виробники навігаційних систем навіть тестують який голос: чоловічий чи жіночий, який темп мови не буде відволікати водія. У разі, якщо необхідно негайно привернути увагу користувача, аудіосистема може відтворювати спеціальні сигнали або програвати голосові попередження зі збільшенням гучності.

Звукова інформація (аудіоінформація) в мультимедійних системах технологічно зазвичай представляється у вигляді аудіоряду, тобто послідовності значень амплітуди звукового тиску, записаних у цифровій формі.

При вірному підборі музичного контенту враховується все: ритм, темп, стиль музики, які визначаються виходячи з особливостей аудиторії, стилю компанії і маркетингових завдань.

Існують два основних типи звукових файлів: з оцифрованих звуком і нотним записом.

Кодування аудіоінформації. Так як комп'ютер працює з числами, звуки і музика повинні бути представлені в числовому вигляді, або, як прийнято говорити, закодовані. Довільна аудіоінформація при кодуванні займає багато

місця, тому часто використовують стислі аудіоформати. Музика займає менше місця, так як добре формалізується - її можна записати за допомогою нот.

Звук являє собою хвилю, що поширюється в атмосфері, і сприйняту людиною за допомогою органів слуху. Характеризується звукова хвиля зміною в часі частоти і амплітуди сигналу. Графічно звукова хвиля описується кривою, що задає залежність амплітуди від часу. Частота основних коливань визначає висоту звуку. Але звуки однієї частоти можуть мати різний тембр.

Щоб закодувати звук, необхідно вимірювати амплітуду сигналу через певні проміжки часу. На кожному часовому відрізку визначається середня амплітуда сигналу. Особливості процесів кодування звуку зумовили появу кількох форматів для збереження аудіоінформації.

3.1 Огляд основних видів і параметрів форматів аудіофайлів

Існує безліч різних аудіо форматів. Найбільш часто використовуються такі формати як MP3 (MPEG-2 Audio Layer III) і WAV. Тип формату зазвичай визначається розширенням файлу (то, що йде після крапки у назві файлу .mp3, .wav, .ogg, .wma). Перевести аудіо з одного формату в інший можна за допомогою спеціальних програм – кодеків.

Кодек – це певний алгоритм кодування і стиснення даних в аудіо-формат. Для деяких типів файлів кодек однозначно визначено. Наприклад, в форматі mp3 завжди використовується кодек MPEG Layer-3, а в форматі mp4 можуть бути використані різні кодеки.

Кодеки можна розділити на два види, в залежності від типу стиснення:

Без втрати якості звучання. Дана група форматів записує кодує звук таким чином, що при розкодування він може бути в точності відновлений.

Найбільш популярні формати кодують звук без втрати якості:

- FLAC (Free Lossless Audio Codec);
- APE (Monkey's Audio);
- ALAC (Apple Lossless Audio Codec);

– з втратою якості звучання (lossy).

При стисненні з втратами звук модифікується. Наприклад, з нього вирізаються нечутні людському вуху частоти. Розкодований файл буде відрізнятися від оригінального з точки зору записаної в ньому інформації, але звучати буде приблизно так само.

Популярні формати з втратою якості.

WAV – один з перших аудіо-форматів. Зазвичай використовується для зберігання нестиснених аудіо-записів (PCM), ідентичних за якістю звуку записів на компакт-дисках (audio-CD). В середньому одна хвилина звуку в форматі wav займає близько 10 мегабайт. Часто в нього копіюють аудіо-CD, а потім конвертують в mp3 за допомогою аудіо конвертора.

MP3 (MPEG Layer-3) – найбільш поширений в світі звуковий формат, як і багато інших форматів з втратою якості, урізує звук, який не буде почутий людським вухом, тим самим зменшуючи розмір файлу. На поточний момент mp3 не є найкращим форматом по співвідношенню розміру файлу до якості звучання, але в силу своєї поширеності і підтримованості більшістю пристроїв, багато користувачів зберігають свої записи саме в ньому.

WMA (Windows Media Audio) - формат, що належить компанії Microsoft. Спочатку даний формат був представлений, як заміна MP3, що має, за заявою Microsoft, більш високі характеристики стиснення. Але даний факт був поставлений під сумнів деякими незалежними тестами. Так само формат WMA підтримує захист даних через DRM.

OGG – відкритий формат, який підтримує кодування аудіо різними кодеками. Найбільш часто в ogg використовується кодек Vorbis. За якістю стиснення формат можна порівняти з MP3, але при цьому менш поширений з точки зору підтримки в аудіо-програвачах і плеєрах.

AAC – запатентований аудіо-формат, який має великі можливості (кількість каналів, частоти дискретизації) в порівнянні з mp3 і дає кілька краще звучання, при тому ж розмірі файлу. На даний момент aac є одним з найбільш якісних алгоритмів кодування звуку з втратами. Формат підтримується

більшістю пристроїв. Файл цього формату може мати розширення aac, mp4, m4a, m4b, m4p, m4r.

FLAC – популярний формат стиснення без втрат. Він не вносить змін в аудіо-потік, а закодований з його допомогою звук ідентичний оригіналу. Часто використовується для прослуховування звуку на звукових системах високого рівня. Має обмежену підтримку пристроями і плеєрами, тому зазвичай для того, щоб слухати flac в плеєрі, його попередньо конвертують [16].

3.2 Обробка аудіо контенту

Монтаж можна вважати найпростішим видом обробки. Як мінімум, це обрізка на початку і в кінці запису.

Динамічна обробка впливає на відносну гучність різних фрагментів або компонентів аудіо. До ефектів цього типу відносяться компресори, лімітери, експандери і гейти, а також спотворюють динамічні ефекти.

Спектральні перетворення впливають на тембр звуку. До них відносяться різні фільтри: high pass, low pass або band pass (смуговий) і еквалайзери – параметричні або графічні [17].

Важливим окремим випадком спектральних перетворень є формантні перетворення – маніпуляції з формантами - характерними смугами частот, що зустрічаються в звуках, вимовлених людиною. Змінюючи параметри формант, можна підкреслювати або затушовувати окремі звуки, змінювати одну голосну на іншу, зрушувати регістр голосу тощо.

Ефекти затримки, засновані на часовій затримці однієї копії сигналу щодо іншої. Такі ефекти можуть створювати ілюзію простору або приміщення, як реверберація, луна тощо, ілюзію множинності джерел звуку (хорус) або ілюзію руху (фейзер, фленжер).

Модуляція параметрів сигналу. У таких ефектах, як, наприклад, фейзер, фаза сигналу модулюється низькочастотним коливанням (з частотою значно нижчою мінімальної звукової частоти 20 Гц).

За допомогою модуляції амплітуди реалізується ефект тремоло, а за допомогою модуляції частоти – вібрато.

Робота зі звуком на комп'ютері неможлива без спеціальних програм. Найпростіші програми для роботи зі звуком включені до складу всіх версій Windows. З їх допомогою можна налаштувати гучність різних джерел звуку, встановити чутливість мікрофона і лінійного входу. Крім того, можна записати невеликий звуковий фрагмент, виконати з ним прості перетворення і записати результат в файл. Також в Windows включені засоби програвання компакт-дисків і мультимедійних файлів, записи музики на цифрові плеєри, прослуховування музики з Інтернету.

Для обробки звуків слід використовувати звуковий редактор. Кращими звуковими редакторами є програми Sound Forge і WaveLab. Для багатоканального монтажу застосовується редактор Cool Edit.

Звукові редактори можуть:

- імпортувати і експортувати аудіофайли різних форматів;
- записувати звук з одного або більше входів, і зберігати його в пам'яті комп'ютера в цифровому вигляді;
- змішувати декілька джерел звуку з різними рівнями гучності, панорами тощо, та направляти на один або більше вихідних каналів;
- застосовувати різні ефекти і фільтри, включати компресію, експансію, різні види модуляції, реверберацію, придушення шуму, еквалізацію і т.д.;
- відтворювати звук, направляючи його на вихідні пристрої, такі як динаміки, зовнішні процесори або записуючі пристрої;
- конвертувати звук з одних аудіоформатів в інші і міняти характеристики аналого-цифрового перетворення.

3.3 Основні параметри налаштування аудіо контенту в програмному середовищі Unity

Unity є сучасним крос-платформним движком для створення ігор і додатків, розроблений Unity Technologies. За допомогою даного движка можна розробляти не тільки додатки для комп'ютерів, але і для мобільних пристроїв (наприклад, на базі Android), ігрових приставок і інших пристроїв.

Будь-який додаток або гра була б неповною без будь-якого звуку, чи то фонова музика або звукові ефекти. Аудіосистема Unity гнучка і потужна. Unity може імпортувати більшість стандартних форматів аудіофайлів і має складні функції для відтворення звуків в тривимірному просторі.

У Unity є спеціальні компоненти для сприйняття і відтворення звуку. Ці компоненти працюють разом, щоб створити правдоподібну звукову систему, яка здається природною для гри.

Unity надає безліч корисних інструментів і ефектів, таких як реверберація, ефект Доплера, мікшування і ефекти в реальному часі та інші.

Можна використовувати для звукового оформлення спеціальні коди. Однак Unity має дуже простий у використанні візуальний редактор і працює з широким діапазоном форматів аудіофайлів, що робить цей процес набагато простішим.

Розглянемо 3 основних компоненти, пов'язаних зі звуком в Unity:

- Audio Source;
- Audio Clip;
- Audio Listener.

Компонент AudioSource є основним компонентом, який приєднують до GameObject, щоб він відтворював звук (рис. 3.1). Він буде відтворювати звукозапис при запуску через мікшер, через код або за замовчуванням при пробудженні. Компонент Audio Source, який керує тим, як і коли і яка частина звукозапису відтворюється (і чи повинен він відтворюватися в циклі чи ні), а також відтворюється він або знаходиться в режимі паузи, і при відновленні

повинен тривати з того місця, де було призупинено або перезапуститься. Гучність відтвореного кліпу також може контролюватися властивостями Audio Source.

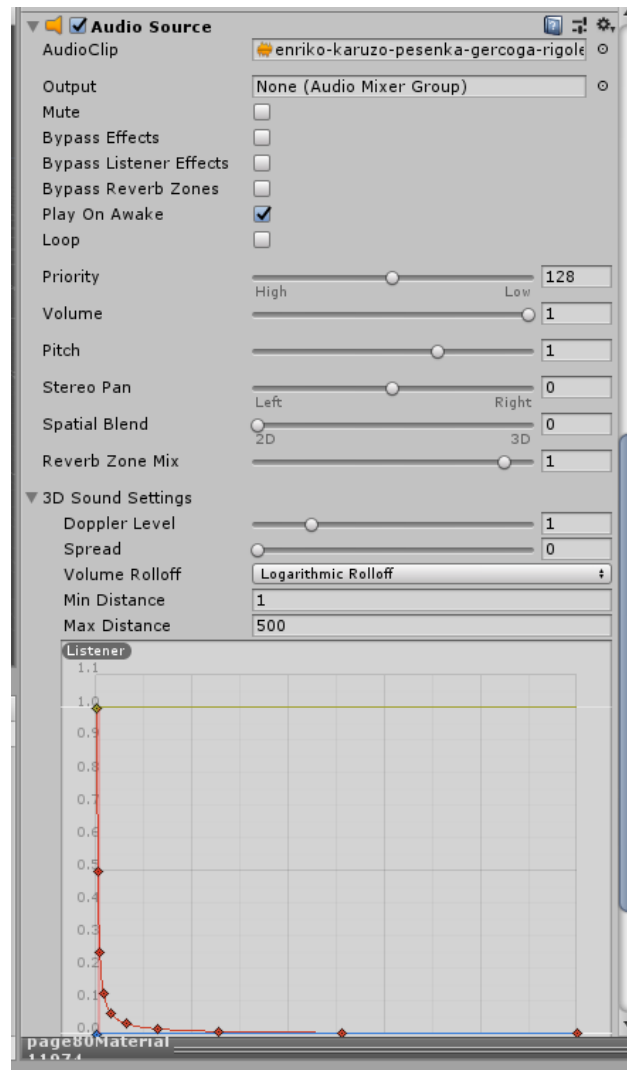


Рисунок 3.1 – Діалогове вікно компонента AudioSource

AudioClip – це просто звуковий файл, який завантажується в AudioSource. Це може бути будь-який стандартний аудіофайл, наприклад .mp3, .wav та інші. AudioClip також є компонентом всередині себе.

AudioListener - це компонент, який слухає все аудіо, що відтворюється в сцені, і передає його на динаміки комп'ютера. Всі наявні у додатку аудіофайли знаходяться в перспективі розташування цього AudioListener [18].

Тільки один AudioListener повинен бути в сцені, щоб він функціонував належним чином. За замовчуванням до основної камері підключений слухач. У компонента Audio Listener немає властивостей. Його досить просто додати, щоб він запрацював. За замовчуванням, він завжди доданий до об'єкту Main Camera.

Налаштування з розділу Audio Source (джерело звуку) відтворює Audio Clip в сцені. Якщо Audio Clip є 3D кліпом, джерело програється в заданому положенні в просторі і буде приглушатися в залежності від відстані. На рис 3.1 виставлені налаштування за замовчуванням.

Audio Clip – посилання на аудіо кліп для програвання цим джерелом.

Mute – якщо включено, звук все ще буде програватися, але не буде чути.

Bypass Effects – для швидкого пропуску всіх ефектів, застосованих до джерела звуку. Простий шлях включення / відключення всіх ефектів.

Bypass Listener Effects – для швидкого включення / відключення всіх ефектів, застосованих до слухача.

Bypass Reverb Zones – для швидкого включення / відключення всіх зон реверберації.

Play On Awake – якщо включено, звук почне відтворюватися відразу після завантаження сцени. Якщо відключено, вам буде потрібно запустити звук програмно, за допомогою методу Play ().

Loop – увімкніть для нескінченного повтору Audio Clip'а після його закінчення. Параметр Priority визначає пріоритет даного джерела звуку серед всіх інших джерел в сцені, якщо виставлений 0 = найбільш важливий, 256 = найменш важливий, 128 за замовчуванням).

Параметр Volume означає, наскільки гучний звук на відстані однієї одиниці виміру (одного метра) від слухача. Це значення приймається рівним 1.

Параметр Pitch – ступінь зміни висоти тону при уповільненні/прискоренні Audio Clip'а. Виставлена величина 1 означає нормальну швидкість відтворення.

Stereo Pan – встановлює положення у стереополі двовимірних звуків. А **Spatial Blend** Встановлює ступінь впливу 3D-двигка на звуковий звук, тому значення цього параметру встановлюють - 1.

Reverb Zone Mix встановлює кількість вихідного сигналу, який прямує в зони реверберації. Величина лінійна в діапазоні (0-1), але допускає посилення на 10 дБ в діапазоні (1-1,1), що може бути корисно для досягнення ефекту ближнього поля і далеких звуків.

Doppler Level – визначає кількість ефекту доплера, що застосовується до даного джерела (при значенні 0 ефект застосовуватися не буде).

Spread – встановлює кут поширення для 3d стерео або мультисканального звуку в просторі динаміків.

Min Distance – гучність звуку буде максимальною, наскільки це можливо, протягом MinDistance. Поза MinDistance вона буде поступово знижуватися. Збільшення MinDistance звуку, щоб зробити його "голосніше" в тривимірному світі, зниження, щоб зробити звук "тихіше" в тривимірному світі.

Max Distance – відстань, на якому звук перестав затухати. За межами цієї точки його гучність залишиться на рівні, на якому вона була б на відстані MaxDistance одиниць від слухача і більше не буде затухати.

Rolloff Mode – як швидко звук згасає. Чим вище значення, там ближче повинен бути слухач до звуку перш, ніж його можна буде почути.

4 ПРОЦЕС РОЗРОБКИ ДОДАТКУ З ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ З АУДІО КОНТЕНТОМ

Для друкованого шкільного підручника додаток доповненої реальності має містити файли із записами певних звуків. Наприклад, це можуть бути звуки живих істот, звуки природних явищ та об'єктів, музичні твори. Для подібної інформації не потрібно використовувати спектральні перетворення або ефекти затримки. Навпаки, для учнів додаток має забезпечувати чистоту звуку та достатню гучність. Таким чином, з метою забезпечення високої якості звукового контенту було розроблено алгоритм проектування додатку з елементами доповненої реальності.

1. Вибір теми розробки.
2. Аналіз аналогів існуючих додатків з AR.
3. Вибір програмного забезпечення для розробки елементів та додатку.
4. Підготовка мультимедійного контенту: підготовлення сторінок підручника для додатку, пошук та підбір аудіо контенту.
5. Розміщення мультимедійного контенту у програмі доповненої реальності.
6. Створення маркерів, прив'язка об'єктів до маркерів.
7. Підбір параметрів налаштувань для аудіо в програмі.
8. Робота з елементами доповненої реальності. Об'єднання маркерів та аудіо елементу.
9. Перевірка проекту в програмі.
10. Компілювання проекту в додаток для платформи Android.

Схема процесу розробки додатку з елементами доповненої реальності представлена на рис. 4.1.

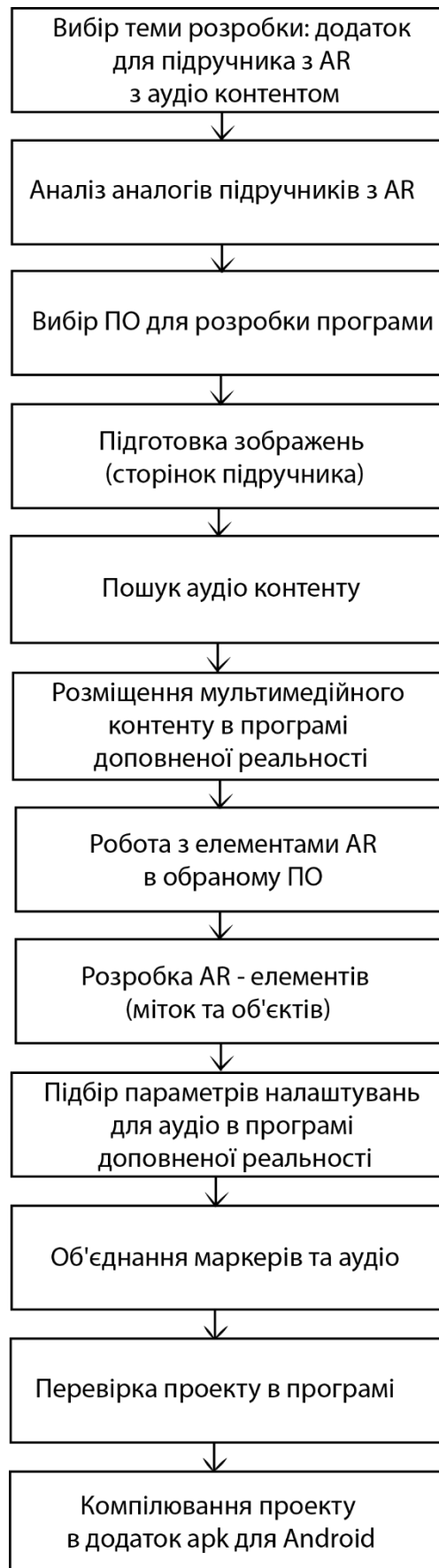


Рисунок 4.1 – Схема розробки додатку з елементами доповненої реальності

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРОБКИ ДОДАТКУ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ В UNITY

Гіпотеза дослідження: використання елементів доповненої реальності в навчанні дозволяє підвищити наочність змісту освіти, інтерес до пізнавальної діяльності, мотивацію до застосування гаджетів для вирішення навчальних завдань.

Принцип роботи технології доповненої реальності полягає в механізмі накладення деякого віртуального об'єкта, в даній роботі це аудіо, на реальний об'єкт навколишнього світу в реальному часі.

Для досягнення мети магістерської роботи, необхідно провести дослідження з підбору параметрів налаштувань звуку, так як головним мультимедійним елементом є аудіо. І тому необхідно отримати найвищу якість відтворення звуку.

У даній атестаційній роботі використовується аудіо формату MP3.

Для підручників з мистецтва аудіо файли найчастіше передають відомі класичні музичні твори, які записувалися кілька десятиліть тому і були зроблені під час концертів. З цієї причини практично не можливо знайти записи цих творів в інших більш якісних форматах.

В ході пошуку та аналізу в якості основи для програмної розробки додатку AR, було обране середовище Unity. Це середовище для розробки додатків та ігор включає потужний редактор з графічним інтерфейсом і графічний движок, оптимізований для роботи на мобільних пристроях. Unity є кросплатформним засобом розробки і дозволяє компілювати проект з одним вихідним кодом і ресурсами під провідні мобільні платформи, такі як iOS, Android, Windows Phone. Для розробки програми з доповненої реальності для підручника з мистецтва було взято Unity версією 2018.2.5f1.

Щоб додаток працював на телефонах і планшетах з операційною системою android, необхідно завантажити відповідні програми: Android studio, java, Android NDK.

Android studio - це інтегроване середовище розробки (IDE) для роботи з платформою Android. Програма написана на мові C++ і надає найшвидші інструменти для створення додатків на всіх пристроях Android.

Android NDK - це набір інструментів, які дозволяють реалізувати частину додатки використовуючи такі мови як C/C++. NDK використовується тільки в рідкісних випадках.

Важливу роль в створенні програми доповненої реальності грає Vuforia. Vuforia - це платформа доповненої реальності і інструментарій розробника програмного забезпечення доповненої реальності для мобільних пристроїв. Її особливість в тому, що вона використовує технології комп'ютерного зору, а також відстеження плоских зображень і простих об'ємних реальних об'єктів в реальному часі.

Для розробки додатку і елементів доповненої реальності, був обраний плагін Vuforia на движку Unity. Він дозволяє створювати елементи доповненої реальності без додаткових матеріальних витрат. Необхідно отримати ліцензійний ключ для додатку. Для цього потрібно зайти у відповідний розділ на порталі розробників Vuforia. Це необхідно для того, щоб синхронізувати дані Unity і порталу розробників, в обліковому записі якого зберігається база даних міток.

В Unity необхідно замінити об'єкт Main Camera в Unity на AR Camera.

Для будь-якої програми з використанням технологій доповненої реальності, необхідні мітки і прив'язані до них об'єкти. Якісною міткою прийнято вважати таке зображення, яке має велику кількість опорних точок для розпізнавання їх камерою. Vuforia дозволяє створювати різні види міток (рис. 5.1).

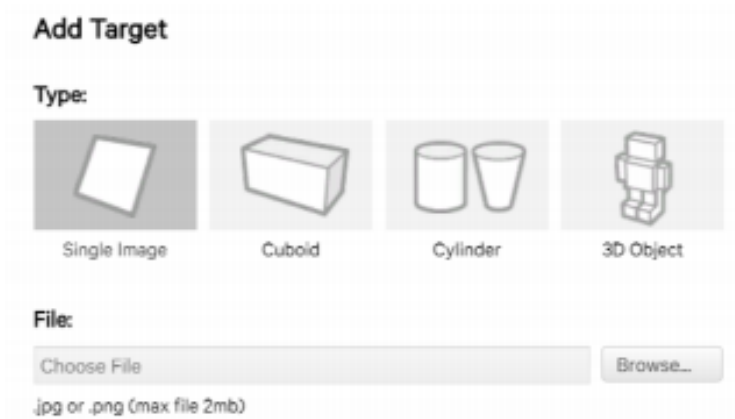


Рисунок 5.1 – Види міток Vuforia

У даній роботі вибираємо перший вид міток, цей тип найлегше надрукувати в змісті навчально-методичних матеріалів до уроку.

На порталі розробників Vuforia створили базу даних міток, завантаживши в неї все зображення сторінок підручника з мистецтва, які планується надалі використовувати як мітки (рис. 5.2).

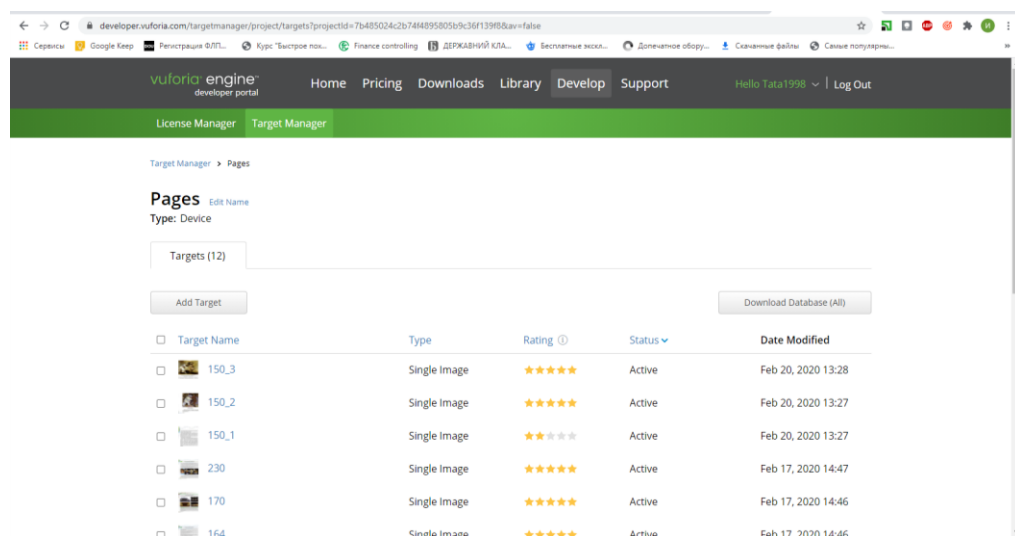


Рисунок 5.2 – База даних міток на порталі Vuforia

Для того, щоб розмістити аудіофайл, з'являється необхідність використовувати додатковий об'єкт Audio Source. Налаштовуємо налаштування звуку в розділі Audio 3D setting. Експортуємо отриманий проект для платформи Android.

Для відображення на мітці був створений аудіофайл формату MP3. Для того, щоб програма коректно розміщувала об'єкти на необхідних маркерах, досить за допомогою Drag-n-Drop перетягнути певний об'єкт на певний маркер в лівому полі інтерфейсу Unity, в якому списком відображені всі об'єкти, розташовані на даний момент на сцені (рис. 5.3).

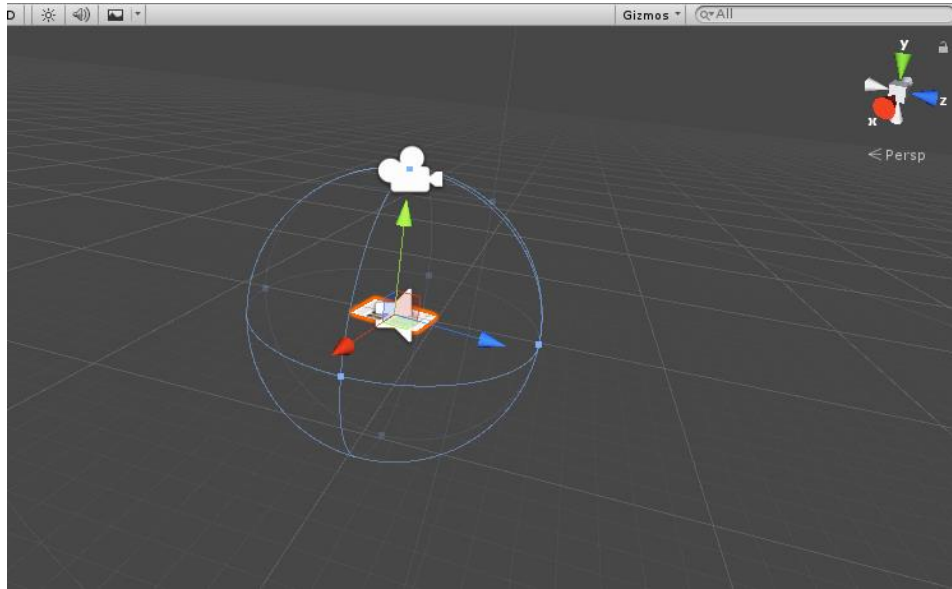


Рисунок 5.3 – Розміщення об'єктів по мітках

Проводимо перевірку проекту в програмі, якщо все добре працює, можна компілювати проєкт у додаток.

Було потрібно додаткова інсталяція JDK (Java Development Kit) без якого додаток на пристрій на платформі Android створити не вийде.

Після установки програми на пристрої з операційною системою Android воно запускається без помилок. При наведенні камери на мітки відтворюються звукові файли.

5.1 Параметри налаштування аудіо для додатку з доповненою реальністю

Спочатку при завантаженні аудіо в програму Unity налаштування звука стоять за замовчуванням.

У Unity є спеціальні компоненти для сприйняття і відтворення звуку. Ці компоненти працюють разом, щоб створити правдоподібну звукову систему, яка здається природною для гри.

Налаштування з розділу Audio Source (джерело звуку) відтворює Audio Clip в сцені (рис 5.3). Якщо Audio Clip є 3D кліпом, джерело програтється в заданому положенні в просторі і буде приглушатися в залежності від відстані.

У даній атестаційній роботі для підбору кращих параметрів налаштування звуку, використовуються та варіюються три основних параметра: Spatial Blend, Spread та Max Distance.

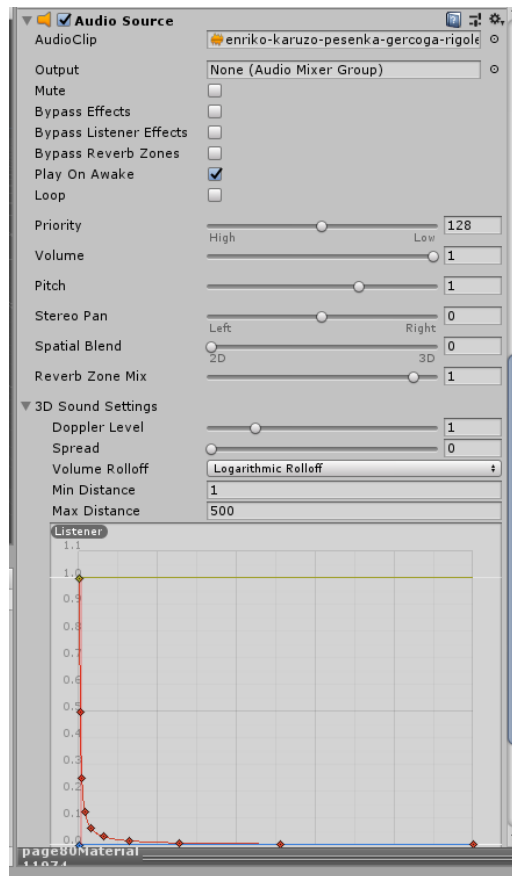


Рисунок 5.3 – Діалогове вікно компонента AudioSource

Spatial Blend – встановлює ступінь впливу 3D движка на джерело звуку.

Spread – встановлює кут поширення для 3d стерео або мультіканального звуку в просторі динаміків.

Max Distance – відстань, на якому звук перестає затухати. За межами цієї точки його гучність залишиться на рівні, на якому вона була б на відстані MaxDistance одиниць від слухача і більше не буде затухати.

Також з цими параметрами ми використовуємо три функції спадання (Rolloff Mode): Logarithmic Rolloff (логарифмічна спадання), Linear Rolloff (лінійне спадання) і Custom Rolloff (призначене для користувача спадання).

Як швидко звук згасає. Чим вище значення, там ближче повинен бути слухач до звуку перш, ніж його можна буде почути, визначається за графіком:

- Logarithmic Rolloff – гучність звуку висока, коли ви близько до джерела, але при видаленні від об'єкта вона досить швидко падає;
- Linear Rolloff – чим ви далі від джерела звуку, тим гірше ви його чуєте;
- Custom Rolloff – звук джерела аудіо поводиться відповідно до графіка затуханий.

Якщо змінити криву в той час, як у вас вибраний тип Logarithmic або Linear, то він автоматично зміниться на Custom Rolloff.

5.2 Метод експертної оцінки

На сучасному етапі методи експертного оцінювання застосовують у різних галузях практичної та наукової діяльності. Ці методи незамінні під час вирішення складних управлінських та соціально-економічних проблем, аналізу й прогнозування ситуацій з великою кількістю соціальних факторів, завжди, коли виникає необхідність застосування знання, інтуїції та досвіду висококваліфікованих фахівців-експертів.

У даній атестаційній роботі використовуються метод експертних оцінок, сутність яких полягає в тому, що в основу прогнозу закладається думка фахівця, засноване на професійному, науковому і практичному досвіді.

Метод експертних оцінок застосовується для порівняння параметрів об'єктів, що знаходяться в одному «класі», однаковою категорії, і відноситься до різновиду мозкового штурму.

У даній роботі метод експертної оцінки полягає в тому, щоб вибрати найкращі налаштування аудіо контенту для підручника з мистецтва з доповненою реальністю. Для цього ми вибрали критерії для порівняння, за якими експерти оцінюватимуть відтворення якості звуку в додатку на Android.

Критерії оцінювання:

- функції спадання (Logarithmic Rolloff, Linear Rolloff, Custom Rolloff);
- ступінь впливу 3D движка на джерело звуку (100, 200, 300);
- Max Distance (100, 200, 300, 400);
- кут поширення для 3d, Spread (0.3, 0.6, 1).

Оцінка якості звучання виробляється за п'ятибальною шкалою наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Оцінки якості звуку по гучності

Перевага якості звуку по гучності	Оцінка
Відмінно	5
Добре	4
Задовільно	3
Погано	2 (Тихіше кращого рівня)
Дуже погано	1 (Значно тихіше кращого рівня)

В експертному методі оцінювання беруть участь два експерти, які повинні оцінити якість відтворення звуку за допомогою виставлення оцінок за 5-бальною шкалою.

Два експерта прослухали 48 альтернатив відтворення аудіо-контенту для підручника в додатку на смартфонів і проставили свої оцінки. Результати оцінювання альтернатив експертами наведені в таблиці 5.2.

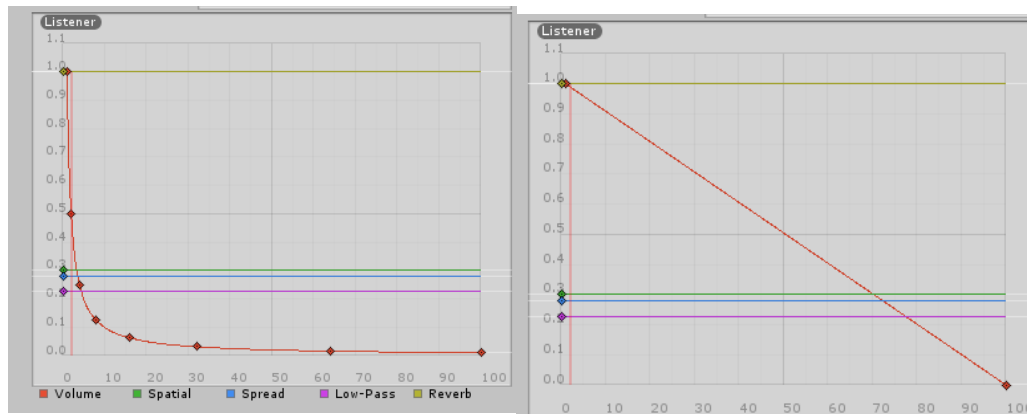
Види функції спадання Logarithmic Rolloff, Linear Rolloff, Custom Rolloff під час проведення експерименту представлені на рис. 5.4.

Таблиця 5.2 – Оцінки експертів

Форма	Dist	Spread	Spatial blend	Оцінка експерта	
				1	2
1	2	3	4	5	6
Logarithmic Rollof	100	100	0.3	2	3
		200	0.6	2	3
		300	1	2	3
	200	100	0.3	2	3
		200	0.6	3	3
		300	1	3	3
	300	100	0.3	2	2
		200	0.6	3	3
		300	1	3	3
	400	100	0.3	3	3
		200	0.6	3	3
		300	1	3	3
Linear Rollof	100	100	0.3	2	3
		200	0.6	4	4
		300	1	4	4
	200	100	0.3	4	4
		200	0.6	4	4
		300	1	5	4
	300	100	0.3	4	3
		200	0.6	4	4
		300	1	5	5
	400	100	0.3	4	4
		200	0.6	4	4
		300	1	5	5

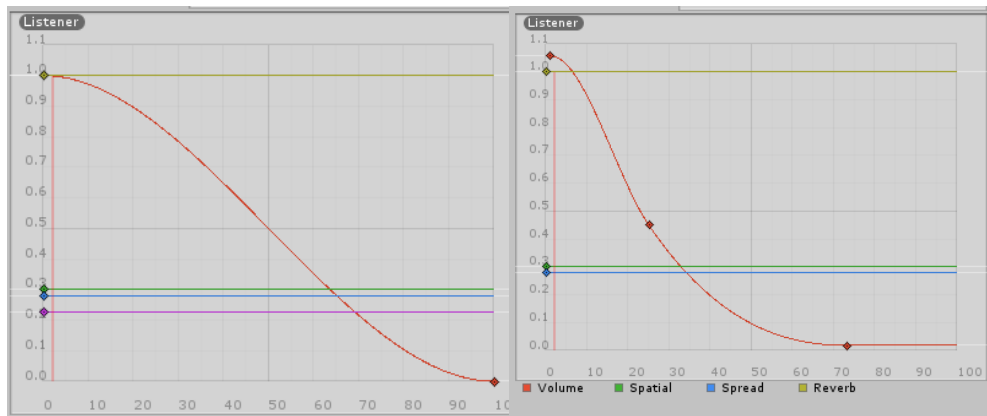
Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6
Custum Rollof №1	100	100	0.3	3	4
		200	0.6	4	4
		300	1	4	4
	200	100	0.3	3	3
		200	0.6	3	4
		300	1	4	4
	300	100	0.3	3	3
		200	0.6	4	4
		300	1	4	4
	400	100	0.3	3	4
		200	0.6	4	4
		300	1	4	4
Custum Rollof №1	100	100	0.3	3	3
		200	0.6	4	3
		300	1	4	4
	200	100	0.3	3	3
		200	0.6	4	3
		300	1	4	4
	300	100	0.3	4	3
		200	0.6	4	4
		300	1	5	4
	400	100	0.3	4	3
		200	0.6	4	4
		300	1	5	5



а)

б)



в)

г)

Рисунок 5.4 – Форми кривих для управління процесом поширення звуку:

а) Logarithmic Roloff; б) Linear Roloff; в) Custom Roloff №1;

г) Custom Roloff №2

На базі цих оцінок необхідно знайти кращий варіант рішення і оцінити узгодженість експертів. Порядок дій наступний.

1. Знайти рядкові суми оцінок Σ оцінки експертів для кожної альтернативи.
2. Розрахувати загальну суму оцінок Σ общ по стовпцю строкових сум.
3. Знайти відносні ваги альтернатив w . Для цього строкову суму кожної альтернативи ділимо на загальну суму оцінок.
4. Середньоквадратичне відхилення σ розраховується за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_e)^2}{n-1}}, \quad (5.1)$$

де X_j – проставлена оцінка експертів;

\bar{X}_e – відносні ваги альтернатив;

N – загальна сума оцінок.

5. Для оцінки узгодженості думок експертів розраховують коефіцієнт варіації за формулою:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}_e}, \quad (5.2)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення;

\bar{X}_e – відносні ваги альтернатив;

Знайдені значення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків

Форма	Dist	Spread	Spatial blend	Оцінка експертів		Строкові суми оцінок Σ	Відносні ваги альтернатив w	Середньо- квадратичне відхилення σ	Коефіцієнт варіації V
				Перший	Другий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Logarithmic Rollof №1	100	100	0.3	2	3	5	0,01	0,19	13,3
		200	0.6	2	3	5	0,01	0,19	13,3
		300	1	2	3	5	0,01	0,19	13,3
	200	100	0.3	2	3	5	0,01	0,19	13,3
		200	0.6	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		300	1	3	3	6	0,02	0,23	13,0
	300	100	0.3	2	2	2	0,01	0,15	13,0
		200	0.6	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		300	1	3	3	6	0,02	0,23	13,0
	400	100	0.3	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		200	0.6	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		300	1	3	3	6	0,02	0,23	13,0

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Linear Roloff	100	100	0.3	2	3	5	0,01	0,19	13,3
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	4	4	8	0,02	0,30	13,0
	200	100	0.3	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	5	4	9	0,03	0,34	13,1
	300	100	0.3	4	3	7	0,02	0,27	13,2
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	5	5	10	0,03	0,38	13,0
	400	100	0.3	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	5	5	10	0,03	0,38	13,0
Custom Roloff №1	100	100	0.3	3	4	7	0,02	0,27	13,2
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	4	4	8	0,02	0,30	13,0
	200	100	0.3	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		200	0.6	3	4	7	0,02	0,27	13,2
		300	1	4	4	8	0,02	0,30	13,0
	300	100	0.3	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	4	4	8	0,02	0,30	13,0
	400	100	0.3	3	4	7	0,02	0,27	13,2
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	4	4	8	0,02	0,30	13,0
Custom Roloff №2	100	100	0.3	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		200	0.6	4	3	7	0,02	0,27	13,2
		300	1	4	4	8	0,02	0,30	13,0
	200	100	0.3	3	3	6	0,02	0,23	13,0
		200	0.6	4	3	7	0,02	0,27	13,2
		300	1	4	4	8	0,02	0,30	13,0
	300	100	0.3	4	3	7	0,02	0,27	13,2
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	5	4	9	0,03	0,34	13,1
	400	100	0.3	4	3	7	0,02	0,27	13,2
		200	0.6	4	4	8	0,02	0,30	13,0
		300	1	5	5	10	0,03	0,38	13,0
Загальна сума оцінок $\Sigma_{\text{обц}}$						343			

У разі $V \leq 0,2$ оцінки експертів вважають узгодженими. У разі $V > 0,2$ доцільно повторити експертизу.

У результаті експерименту та розрахунків коефіцієнт варіації вказує, що думки експертів вийшли неузгодженими. Погана узгодженість викликана великою кількістю альтернатив, які отримали однакові оцінки, тому експертизу рекомендується провести заново.

Тому було вирішено відібрати 12 кращих з 48 альтернатив. Для цього за оцінками від експертів були побудовані графіки (рис. 5.5), за якими можна відібрати кращі альтернативи. На графіках сині кола відповідають думці першого експерта, червоні – другого (рис. 5.7-5.8).

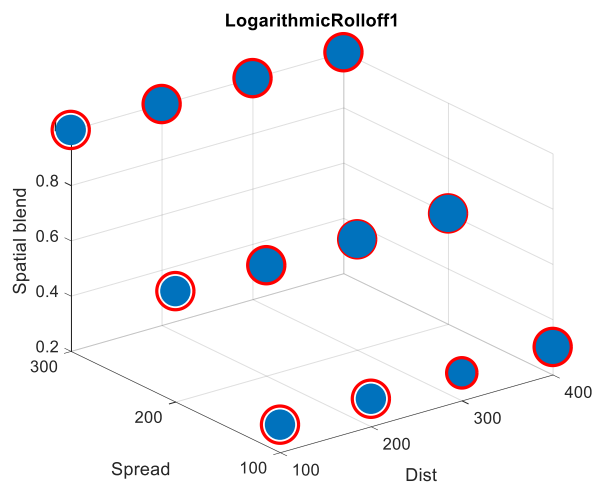


Рисунок 5.5 – Графік експерименту форми Logarithmic Roloff

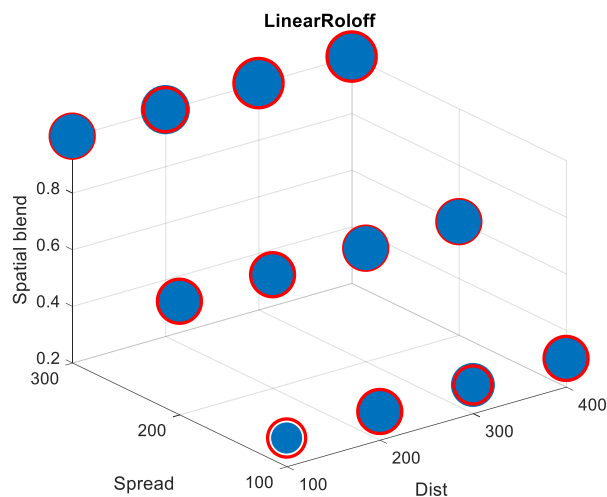


Рисунок 5.6 – Графік експерименту форми Linear Roloff

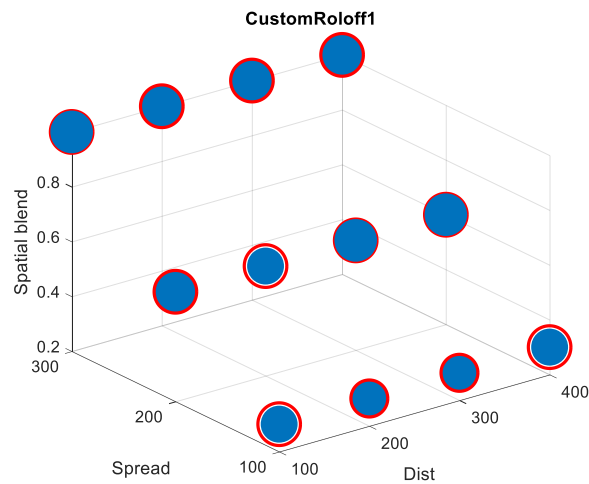


Рисунок 5.7 – Графік експерименту форми Custom Roloff №1

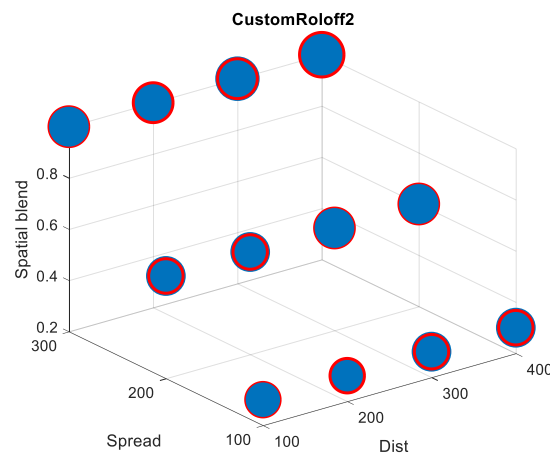


Рисунок 5.8 – Графік експерименту форми Custom Roloff №2

Після того, як було обрано 12 кращих альтернатив, необхідно знайти найкращу з них за допомогою методу ранжирування.

Ранжування - це розташування об'єктів в порядку зростання або зменшення будь-якого властивого їм властивості. Ранжування дозволяє вибрати з досліджуваної сукупності факторів найсуттєвіший.

Метод ранжирування полягає в тому, що кожен експерт має ознаки в порядку переваги від 1 до 12. Цифрою 12 позначається найбільш найкраща ознака, цифрою 11 – наступний за важливістю тощо.

Результати ранжирування 12 альтернатив двома експертами представлені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результат ранжирування альтернатив

Форма	Dist	Spread	Spatial blend	Ранг експерта 1	Ранг експерта 2
Logarithmic	200	300	1	1	1
Rollof №1	400	200	0.6	3	2
	400	300	1	2	3
Linear Rolloff	200	300	1	9	10
	300	300	1	11	11
Custom	400	300	1	12	12
Rolloff №1	100	300	1	5	4
	400	300	1	4	6
	400	200	0.6	7	5
Custom Rolloff №2	300	300	1	8	8
	400	200	0.6	6	7
	400	300	1	10	9

Оскільки експертів всього два, а альтернативи порівнювали методом ранжирування, узгодженість оцінюється за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Спірмена.

Коефіцієнт кореляції рангів Спірмена, відноситься до непараметричних показників зв'язку між змінними, вимірюваних ранговою шкалою. При розрахунку цього коефіцієнта не потрібно ніяких припущень про характер розподілу ознак у генеральній сукупності. Цей коефіцієнт визначає ступінь тісноти зв'язку порядкових ознак, які в цьому випадку є рангами порівнюваних величин.

Величина коефіцієнта кореляції Спірмена лежить в інтервалі от 1 до -1. Він може бути позитивним і негативним, характеризуючи спрямованість зв'язку між двома ознаками, виміряними ранговою шкалою.

Рангові коефіцієнт кореляції Спірмена підраховується за формулою:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (x_{ij} - x_{ik})^2}{m(m^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m d_i^2}{m(m^2 - 1)} \quad (5.3)$$

де m – кількість ранжированих ознак;

d_i – різниця між рангами за двома змінними для кожної альтернативи;

$\sum_{i=1}^m d_i^2$ – сума квадратів різниць рангів.

Визначення різниці рангів кожної пари підраховується за формулою:

$$d_i = d_1 - d_2. \quad (5.4)$$

Зведення в квадрат різницю d_i та знаходження загальної суми:

$$\sum_{i=1}^m d_i^2 = 14. \quad (5.5)$$

Значення різниці оцінок і її квадрату наведені в таблиці 5.5.

Обчислюємо коефіцієнт рангової кореляції Спірмена:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot 14}{12(12^2 - 1)} = 1 - \frac{84}{1716} = 1 - 0,05 = 0,95.$$

В результаті розрахунків значення коефіцієнта Спірмена лежать в інтервалі $[-1;1]$, та чим вони ближчі до 1, тим вище узгодженість думок експертів. В даному випадку можна сказати, що узгодженість досить висока.

Після того, як дані від експертів зібрані, проводиться обробка отриманих оцінок. За новими експертними оцінками ранжировання знаходимо:

– рядкові суми оцінок Σ – підсумовували оцінки експертів для кожної альтернативи;

– розрахували загальну суму оцінок \sum общ по стовпцю строкових сум, вона дорівнює 156;

– знаходимо відносні ваги альтернатив w . Для цього строкову суму кожної альтернативи ділимо на загальну суму оцінок \sum общ = 156.

Отримані результати зводяться в таблицю, загальний вигляд якої представлений в таблиці 5.6.

В результаті виконання експерименту, згідно відносних ваг альтернатив w можна зробити висновок, що найкраща альтернатива підбору параметрів налаштувань звуку для підручника з доповненою реальністю є форма Linear Roloff: distance – 400, spread – 300, spatial blend – 1, з відотною вагою альтернатив $w = 0.15$. На другому місці форма Linear Roloff: distance 300, spread 300, spatial blend – 1, $w = 0.14$.

Таблиця 5.5 – Різниці оцінок

Форма	Оцінка експерта 1	Оцінка експерта 2	d_i	d_i^2
Logarithmic Roloff №1	1	1	0	0
	3	2	1	1
	2	3	1	1
Linear Roloff	9	10	1	1
	11	11	0	0
	12	12	0	0
Custom Roloff №1	5	4	1	1
	4	6	2	4
	7	5	2	4
Custom Roloff №2	8	8	0	0
	6	7	1	1
	10	9	1	1
				$\sum_{i=1}^m d_i^2 = 14$

Таблиця 5.6 – Результати розрахунків

Форма	Dist	Spread	Spatial blend	Ранги		Строкові суми оцінок S	Відносні ваги альтернатив w
				Експерт 1	Експерт 2		
Logarithmic Roloff №1	200	300	1	1	1	2	0,01
	400	200	0.6	3	2	5	0,03
	400	300	1	2	3	5	0,03
Linear Roloff	200	300	1	9	10	19	0,12
	300	300	1	11	11	22	0,14
	400	300	1	12	12	24	0,15
Custom Roloff №1	100	300	1	5	4	9	0,06
	400	300	1	4	6	10	0,06
	400	200	0.6	7	5	12	0,08
Custom Roloff №2	300	300	1	8	8	16	0,10
	400	200	0.6	6	7	13	0,08
	400	300	1	10	9	19	0,12
Загальна сума оцінок $S_{\text{общ}}$						156	

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Характеристика науково-дослідної роботи

Метою даного розділу є економічне обґрунтування витрат на проведення науково-дослідної роботи з дослідження підбору налаштування звуку для додатку з доповненою реальністю і передбачає розрахунок трудовитрат та заробітної плати працівникам, одноразових витрат, оцінку роботи та визначення економічної ефективності НДР.

Реалізація НДР передбачає такі етапи:

- аналіз аналогів предмета дослідження;
- аналіз розглянутих методів та відбір за критеріями;
- вибір методів для проведення експерименту;
- проведення експериментального дослідження запропонованої методики.

6.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

У процесі виконання науково-дослідної роботи було розглянуто технологію розробки додатків з доповненою реальністю, досліджено особливості обробки мультимедійного контенту, була розроблена методика проектування додатків з доповненою реальністю, що використовують звуковий контент, та проведено експериментальне дослідження запропонованої методики.

Умовно науково-дослідну роботу (НДР) можна розділити на такі етапи: підготовчий, основний і заключний.

На підготовчому етапі був проведений аналіз аналогів додатку, проведений огляд технології розробки додатку з AR, підготовка мультимедійного контенту та зроблений підбір критеріїв оцінки якості звуку.

На етапі виконання основної частини НДР були виконані такі роботи:

- розгляд методів експертної оцінки;
- аналіз розглянутих методів;
- створення методики для підбору налаштувань звуку;
- проведення експертного методу (експертне оцінювання);
- обробка та аналіз результатів експерименту;
- аналіз результатів проведення роботи.

У заключній частині здійснюється оцінка ефективності виконання НДР, складання звіту по НДР, захист звіту.

Найбільш складною й відповідальною частиною при плануванні НДР є розрахунок трудомісткості робіт, тому що трудові витрати часто становлять основну частину вартості науково-дослідних робіт і безпосередньо впливають на строки розробки.

Для виконання роботи було залучено 3 особи. Групу найнятої робочої сили склали:

- керівник робіт – 1 особа, заробітна плата 15 000 грн./міс.;
- методист – 1 особа, заробітна плата 12 000 грн./міс.;
- експерти досліджування – 2 особи, заробітна плата 6 000 грн./міс.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця робіт (Зср.дн).

розраховується за формулою:

$$Z_{ср.дн.} = \frac{Z_{ср.міс.}}{n}, \quad (6.1)$$

де $Z_{ср.міс.}$ – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

n – число робочих днів у місяці, ($n = 22$).

Середньоденна заробітна плата керівника робіт складає:

$$Z_{ср.дн.} = \frac{15000}{22} = 681,82 \text{ (грн).}$$

Середньоденна заробітна плата методиста:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{12000}{22} = 545,45 \text{ (грн).}$$

Середньоденна заробітна експерта досліджування складає:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{6000}{22} = 272,73 \text{ (грн).}$$

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавця робіт

Перелік робіт	Кількість виконавців	Посада виконавця	Трудомісткість робіт, люд.-днів	Середньоденна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн.
1	2	3	4	5	6
1. Підготовчий етап					
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	Керівник роботи	1	681,82	681,82
1.2 Підготовка мультимедійного контенту для додатку	1	Керівник роботи	1	681,82	681,82
2. Основний етап					
2.1 Постановка задачі	1	Керівник роботи	1	681,81	681,81
2.2 Аналіз розглянутих методів та відбір за критеріями	1	Методист	2	545,45	1090,90

Продовження талиці 6.1

1	2	3	4	5	6
2.3 Створення методики експерименту	1	Методист	1	545,45	545,45
2.4 Підготовка до експерименту	1	Керівник робіт	2	681,81	1363,62
2.5 Проведення експертного методу (експертне оцінювання)	2	Експерт	3	272,73	818,19
2.6 Обробка результатів експерименту	1	Методист	2	545,45	1090,90
3. Заключний етап					
3.1 Аналіз результатів проведення роботи	1	Керівник роботи	1	681,81	681,81
3.2 Формування висновків та пропозицій за темою дослідження	1	Керівник роботи	1	681,81	681,81
3.3 Технічне оформлення звіту виконання НДР		Керівник роботи	1	681,81	681,81
Усього			16		9000,06

6.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;

- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);
- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

До інших витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, опалення, освітлення) та вартість послуг зв'язку.

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали, визначені їх потребою для виконання робіт, і цін, що діють на момент складання калькуляції.

Матеріальні витрати розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (6.2)$$

де M – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярське приладдя тощо), або на літературу, яка необхідна для проведення роботи, тощо;

Q_j – кількість використаних одиниць j -го виду матеріалів, $j = (1 \div n)$;

C_j – ціна одиниці j -го виду матеріалів.

Розрахунок матеріальних витрат представлено в табл. 6.2

Таблиця 6.2 – Розрахунок матеріальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість од.	Ціна, грн	Сума, грн.
Олівець	уп.	1	3,00	3,00
Ручки	уп.	2	10,00	20,00
Папір	уп.	1	80,00	80,00
Всього				103,00

Витрати на оплату праці розраховуються виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної

заробітної плати. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 9000,06 грн.

Єдиний внесок на загальнодержавне соціальне страхування (ЄСВ) – консолідований страховий внесок, збір якого здійснюється в систему загальнообов’язкового державного соціального страхування в обов’язковому порядку і на регулярній основі з метою забезпечення захисту у випадках, передбачених законодавством, прав застрахованих осіб і членів їх сімей на отримання страхових виплат (послуг) за діючими видами загальнообов’язкового державного соціального страхування.

Для об’єкта дослідження ставка єдиного соціального внеску дорівнює 22 % від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 1980,01 грн.

При виконанні НДР застосовувалось наступне обладнання: комп’ютер 2 шт. вартістю 9000 грн. кожний та смартфон вартістю 6000 грн.

Вищенаведене устаткування є власністю організації виконавця, тому доцільно розрахувати суму амортизаційних відрахувань на період виконання НДР. Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (6.3)$$

де AB – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення науково-дослідницької роботи;

BO_k – вартість основних засобів k -го виду;

TE_k – термін експлуатації основних засобів k -го виду, днів;

T – термін науково-дослідницької роботи, днів;

L – кількість видів обладнання.

Підставивши відомі значення у (6.3), визначимо величину амортизаційних відрахувань:

$$AB = \frac{9000 \times 10 \times 2}{730} + \frac{6000 \times 6}{730} = 295,89 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на використану обладнанням електроенергію розраховуються:

$$Z_e = M \cdot t \cdot T_{\text{кВт}}, \quad (6.4)$$

де M – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

t – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи;

$T_{\text{кВт}}$ – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

Споживна потужність комп'ютера та смартфона складає 0,5 кВт. Тариф на електроенергію складає 1,69 грн./кВтгодин (без ПДВ). Визначимо величину витрат за спожиту електроенергію за допомогою (6.4):

$$Z_e = 0,5 \times 240 \times 1,69 + 0,5 \times 72 \times 1,69 = 263,64 \text{ грн.}$$

До інших статей витрат відносяться такі:

– адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20% від витрат на оплату праці;

– вартість оплати послуг зв'язку.

Вартість оплати послуг зв'язку становитиме:

а) Інтернет – із розрахунку 100 грн. на місяць (безлімітний пакет); всього 100 грн. за 16 днів виконання НДР;

б) телефон – із розрахунку 60 грн на місяць; всього 60 грн. за 16 днів.

За час виконання НДР витрати на відрядження, аутсорсинг, інформаційні послуги та маркетингові заходи не мали місця.

Для виконання НДР використовувалося безкоштовне ПЗ, наприклад, для розробки додатку з доповненою реальністю – Unity, сервіс, який має

безкоштовну версію. Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР наведені в табл. 6.3.

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР відбиває сумарні витрати за статтями і складає 13602,64 грн.

Таблиця 6.3 – Кошторис витрат на розробку НДР

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Заробітна плата	9000,06
2	Єдиний соціальний внесок (22,0 % від п.1)	1980,01
3	Матеріальні витрати	103,00
4	Амортизація основних засобів	295,89
5	Витрати за спожиту електроенергію	263,64
6	Адміністративні витрати (20,0 % від п.1)	1800,01
7	Вартість послуг зв'язку	160
8	Усього витрати	13602,61

6.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це наслідок послідовності дій виконаних при НДР, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем. Відповідно до теми даної атестаційної роботи можна зробити висновок про те, що у якості результату впровадження НДР є метод підбору налаштувань звуку для підручника з доповненою реальністю.

Результат від впровадження НДР визначається за такою формулою:

$$\Delta P_j = |X_{бj} - X_{нj}|, \quad (6.5)$$

де ΔP_j – покращення j -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ($j=1, m$);

m – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{бj}$ – базове значення j -ої характеристики;

$X_{нj}$ – нове значення j -ої характеристики після впровадження НДР.

У якості досліджуваної характеристики виступає відносна вага альтернатив підбору параметрів налаштувань звуку для підручника з доповненою реальністю. Найкраща альтернатива є форма Linear Roloff: distance – 400, spread – 300, spatial blend – 1, з відносною вагою альтернатив $w=0,15$. Найгіршою альтернативою є форма Logarithmic Rolloff №1: distance 200, spread 300, spatial blend – 1, $w = 0.01$. Отримані результати тестування наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Аналіз методом відносних ваг альтернатив

Показник	Найкраща альтернатива	Найгірша альтернатива
Відносна вага альтернатив	0,15	0,01

Підставивши відповідні значення до формули (6.5), визначимо результат від впровадження НДР у чисельному вигляді:

$$\Delta P_1 = |0,15 - 0,01| = 0,14 .$$

Далі проведено оцінку економічної ефективності отриманого результату виконаної науково-дослідної роботи.

6.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Для визначення економічної ефективності результатів НДР необхідно порівняти витрати на розробку НДР з отриманими результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідної роботи є коефіцієнт «ефект-витрати», який розраховується за формулою:

$$K_{\text{ев}} = \frac{\Delta P_j}{B_p} (\%), \quad (6.6)$$

де $K_{\text{ев}}$ – коефіцієнт «ефект-витрати», який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює j -ту характеристику досліджуваного процесу;

B_p – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн.

Підставивши раніше визначені значення до (6.6), розрахуємо чисельне значення коефіцієнту «ефект-витрати»:

$$K_{\text{ев}} = \frac{0,14}{13\,602,61} \times 100\% = 0,001 (\%).$$

У результаті проведених досліджень, можна зробити висновок про те, що кожна гривня витрат на розробку НДР забезпечує покращення якості звуку для підручника з доповненою реальністю на 0,001 %. Дана науково-дослідна робота має позитивний показник економічної ефективності. Роботу у цілому можна враховувати ефективною або такою, що має науковий та технічний рівень.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання атестаційної роботи було проведено дослідження процесу розробки додатку доповненої реальності із звуковим контентом для шкільного підручника. Розроблено методику проектування додатку з налаштуваннями аудіо контенту, що забезпечують підвищення якості звукового супроводження.

Було проведено аналіз аналогів додатків з доповненою реальністю, розглянута технологія розробки додатків з доповненою реальністю, досліджено особливості обробки звукового мультимедійного контенту.

Для підбору оптимальних налаштувань звуку для підручника з доповненою реальністю було проведено аналіз на основі методу експертних оцінок та ранжирування.

Було розроблено методику проектування додатків для шкільних підручників з доповненою реальністю, що використовують звуковий контент. В результаті експериментального дослідження запропонованої методики експертних оцінок, згідно відносних ваг альтернатив w можна зробити висновок, що найкраща альтернатива підбору параметрів налаштувань звуку для підручника з доповненою реальністю є форма Linear Roloff: distance – 400, spread – 300, spatial blend – 1, з відносною вагою альтернатив $w = 0.15$. На другому місці форма Linear Roloff: distance 300, spread 300, spatial blend – 1, $w = 0.14$.

Проведено економічне обґрунтування доцільності проведення даної науково-дослідної роботи (НДР).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ринок технологій доповненої і віртуальної реальності. URL: <http://www.dailycomm.ru/m/49384> (дата звернення 28.10.2020).
2. AR / VR Застосування під час пандемії. URL: <https://design-glory.com/4309/ar-vr-primenenie-vo-vremya-covid-19> (дата звернення 28.10.2020).
3. Гончарова Н. Технологія доповненої реальності в підручниках нового покоління // Проблеми сучасного підручника. 2019. Вип. 22. С. 46-56.
4. Кэррол Л. Алиса в стране чудес. Харьков: Ранок, 2018. 144 с.
5. Химия RApp (A): AR (VERSIÓN OBSOLETA). URL: <https://arkpure.com/rapp-chemistry-a-ar-versi%C3%B3n-obsOLETA/com.CreatingWare.RApp> (дата звернення 28.10.2020).
6. Назад до школи. URL: https://ukraine.googleblog.com/2020/08/blog-post_31.html (дата звернення 28.10.2020).
7. Топ-25 додатків доповненої реальності в 2020 році. URL: <https://design-glory.com/6247/top-25-prilozhenij-dopolnennoj-realnosti-v-2020-godu> (дата звернення 28.10.2020).
8. Доповнена реальність і мистецтво. URL: https://educationprakhomova.blogspot.com/2020/02/blog-post_16.html (дата звернення 28.10.2020).
9. Музеї майбутнього. VR/AR-додатки для музеїв. URL: <https://nachasi.com/2019/11/01/museum-of-future/> (дата звернення 28.10.2020).
10. Bose – аудио-платформа дополненной реальности. URL: <https://bosestore.ru/blog/bose-ar-i-qs-35-ii/> (дата звернення 28.10.2020).
11. Роль шкільного підручника в освітньому процесі реальності. URL: <https://kph.ffi.npu.edu.ua/!e-book/tpft/data/WOLG%20%23%202/bookchap/978546901256.html> (дата звернення 28.10.2020).
12. Доповнена реальність (Augmented Reality, AR). URL: <https://lookinar.com/ru/dopolnennaya-realnost/dopolnennaya-realnostaugmented-reality-ar/> (дата звернення 28.10.2020).

13. Маколкін М. А., Кучерявий А. Е. Класифікація додатків доповненої реальності // Інформаційні технології та телекомунікації. 2020. Том 8. № 1. С. 11-21.

14. Розробка додатку з доповненою реальністю. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2017/papers/125/> (дата звернення 28.10.2020).

15. Kulishova N., Suchkova, N. Impact of the Textbooks' Graphic Design on the Augmented Reality Applications Tracking Ability. In: Advances in Computer Science for Engineering and Education. 2019. Springer. Pp. 692-701.

16. Детальніше про аудіо формати. URL: https://online-audio-converter.com/ru/help/audio_formats (дата звернення 28.10.2020).

17. Обробка звуку на ПК. URL: <https://digitalmusicacademy.ru/lesson-audio-editing-audacity> (дата звернення 28.10.2020).

18. Audio Source. URL: <https://docs.unity3d.com/ru/current/Manual/class-AudioSource.html> (дата звернення 28.10.2020).