

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Клієнт-серверна система доповненої
реальності в навчальному закладі
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи СКСМ-18-2
Чернов О. Ю.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 – Комп'ютерна
інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Спеціалізовані
комп'ютерні системи
(повна назва освітньої програми)

Керівник к.т.н., проф. Немченко В.П.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Чумаченко С. В.
(прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ Автоматизації проектування обчислювальної техніки _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____

Тип програми _____ Освітньо-професійна _____

Освітня програма _____ Спеціалізовані комп'ютерні системи _____

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

«_____» _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Чернову Олексію Юрійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Клієнт-серверна система доповненої реальності в навчальному закладі _____

затверджена наказом університету від _____ 04 _____ листопада _____ 2019 р. № 1624СТ

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 13 _____ грудня _____ 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

_____ Технологія доповненої реальності, технологія розпізнавання зображення, _____

_____ мова програмування C#, мобільна платформа iOS _____

_____ мобільна платформа Android _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

_____ Основні характеристики доповненої реальності _____

_____ Порівняння різних типів реальності (доповнена, віртуальна змішана) _____

_____ Огляд існуючих технологій доповненої реальності для мобільних платформ _____

_____ Аналіз досвіду використання доповненої реальності в навчальному процесі _____

_____ Аналіз вимог до мобільної системи доповненої реальності _____

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

22 слайди

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Спец. частина	к.т.н., проф. Немченко В.П.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	03.09.2019 – 07.09.2019	
2	Аналіз предметної області	07.09.2019 – 15.09.2019	
3	Аналіз характеристик доповненої реальності	15.09.2019 – 25.09.2019	
4	Аналіз різних типів реальності	25.09.2019 – 05.10.2019	
5	Аналіз існуючих технологій доповненої реальності	05.10.2019 – 15.10.2019	
6	Аналіз досвіду використання технології в навчанні	15.10.2019 – 22.10.2019	
7	Аналіз вимог до мобільної реалізації системи	22.10.2019 – 28.10.2019	
8	Розробка програмного застосунку	28.10.2019 – 14.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки	14.11.2019 – 02.12.2019	
10	Оформлення графічного матеріалу	02.12.2019 – 08.12.2019	
11	Перевірка виконаного проекту керівником	08.12.2019 – 14.12.2019	

Дата видачі завдання 3 вересня 2019 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ к.т.н. проф. Немченко В.П.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 81 сторінку, 28 рисунки, 2 таблиці, 13 джерел за переліком посилань.

AR,VR, MR, ARKIT,ARCORE, VUFORIA, ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ

Об'єктом дослідження даної роботи є технологія доповненої реальності, її властивості та особливості роботи.

Предметом дослідження є вивчення можливостей використання технології доповненої реальності в програмних застосунках для потреб навчального закладу.

Ціль роботи – формування критеріїв для ефективної роботи технології доповненої реальності з актуальними програмно-апаратними комплексами на сучасному етапі розвитку технологій, розробка програмного застосунку для роботи з доповненою реальністю.

Атестаційна робота присвячена дослідженню технології доповненої реальності, її властивостей та особливостей роботи. В роботі розглядаються теоретичні обґрунтування доповненої реальності, розглядаються технічні засоби доповненої реальності та методи роботи з ними. Розглядається історія розвитку технології та її відмінності від віртуальної реальності на змішаній реальності.

У даній роботі розглядаються та порівнюються різні технології для роботи з доповненою реальністю. Виявляються їх переваги та недоліки і на основі зібраних даних робляться висновки у вигляді виділення, із списку порівнюваних технологій, найкращої. Також в роботі формуються критерії для створення технології для роботи с доповненою реальністю. Детально робиться огляд програмних продуктів від компаній Apple та Google - ARKit та ARCore.

ABSTRACT

Course work contains 81 pages, 28 figures, 2 tables, 13 sources according to the list of links.

AR, VR, MR, ARKIT, ARCORE, VUFORIA, AUGMENTED REALITY

The object of the study of this work is augmented reality technology, its properties and work features.

The subject of the study is to explore the possibilities of using augmented reality technology in software applications for the institution needs.

The purpose of the work is formatting criteria for the effective operation of augmented reality technology with current software and hardware complexes at the current stage of technology development, the development of a software application for augmented reality.

The thesis is devoted to the study of augmented reality technology, its properties and features of work. This paper deals with theoretical substantiation of augmented reality, examines augmented reality technical aids and methods of working with them. The history of technology development and its difference from virtual reality to mixed reality is considered.

This paper examines and compares different augmented reality technologies. Their advantages and disadvantages are identified and based on the data collected, conclusions are drawn in the form of selection of the best technology from the list of comparable technologies. Criteria for creating augmented reality technology are also being formulated. Apple and Google software reviews - ARKit and ARCore are reviewed in detail.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
1 ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ...	11
1.1 Основні характеристики доповненої реальності	11
1.2 Доповнена реальність та віртуальна реальність	17
1.3 Класифікація систем доповненої реальності	20
2 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РОБОТИ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТТЮ	24
2.1 Технічні засоби доповненої реальності	24
2.2 Алгоритм розпізнавання маркера.....	25
2.2.1 Переведення кольорового зображення в градації сірого	26
2.2.2 Бінарізація зображення (поріг)	27
2.2.3 Визначення замкнутих областей	28
2.2.4 Виділення контурів	30
2.2.5 Виділення кутів маркера	31
2.2.6 Перетворення координат	31
2.3 Огляд існуючих технологій доповненої реальності	33
2.3.1 Apple ARKit	33
2.3.2 Google ARCore.....	37
2.4 Доповнена реальність в браузері.....	42
3 АНАЛІЗ УКРАЇНСЬКОГО ТА ІНОЗЕМНОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	44
3.1 Огляд українського досвіду використання технології доповненої реальності	44
3.2 Огляд іноземного досвіду використання технології доповненої реальності	47
4 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ, РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКА.....	50
4.1 Аналіз предметної області та визначення функціональних особливостей застосунка	50
4.2 Функціональні особливості серверної частини	53

4.3 Функціональні особливості мобільної частини системи	60
ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	80

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

AR – augmented reality, доповнена реальність;

VR – virtual reality, віртуальна реальність;

MR – mixed reality, змішана реальність;

CPU – central processing unit, центральний процесор;

GPU – graphics processing unit, графічний процесор;

FPS – frames per second, кількість кадрів в секунду.

ВСТУП

Про доповнену реальності, як і про віртуальну, кажуть вже далеко не перший рік, але основні кроки в цьому напрямку ще попереду. Частково це обумовлено тим, що практичне застосування технологій доповненої реальності (Augmented reality - AR) було можливо тільки в вузькоспеціалізованих сферах, але основна причина в недоступності необхідного обладнання для більшості користувачів. За останні роки ситуація змінилася. Поширення високопродуктивних смартфонів з GPS-модулями, датчиками руху і камерами означає, що споживачі звикли до можливості накладення інформації (в будь-якій її формі) на представлення реального світу за допомогою камери пристрою. Мета дослідження - провести огляд ринку пристроїв, які підтримують можливість AR, провести огляд ринку інструментів для створення AR-додатків, виявити основні апаратні і програмні критерії та вимоги для створення нового інструменту для створення власної AR-технології. Завдання - розробити AR-додаток, який був би доступним для більшості користувачів, при цьому мав високу продуктивність. У додатку реалізувати можливість відстеження рівних поверхонь для розміщення 3D моделей, можливість розміщувати кілька моделей на різних площинах, передбачити можливість переміщення моделей.

За останні кілька років технології і пристрої AR / VR настільки сильно просунулись вперед, що тепер вони можуть зустрічатися всюди. Однак, є певні проблеми з використанням до них підходу. Відсутнє «AR мислення». Є проблеми, які потребують вирішення, і ці проблеми мають обмеження, які можуть бути подолані шляхом просторового мислення. Перший крок у визначенні того, чи підходить доповнена реальність для визначення користувачів і їхніх потреб. Ці проблеми включають в себе занурення користувачів в реальному часі, допомога їм в просторі або їх фізичне залучення? Чи існують фізичні обмеження, які в даний час не дозволяють їм

бути успішними? Якщо це так, то висока ймовірність, що доповнена реальність може підвищити цінність рішення.

Доповнена реальність - це цифрове розширення продуктового дизайну. Застосовуються ті ж принципи мислення лише з деякими змінами. Замість того, щоб мати фізичні обмеження, користувач тепер має технологічні обмеження і можливості. Це означає, що світ більше не пов'язує користувача, однак він все ще скутий матеріальними обмеженнями, обумовленими технологією. Чудовим прикладом є iPhone старшого покоління без датчиків руху і глибини в порівнянні з більш новою моделлю, що має цю технологію. Апаратне забезпечення, як правило, легше оцінити і прогнозувати, ніж поведінку користувачів. Для дизайнерів вкрай важливо виходити за рамки існуючих технологічних обмежень, щоб вони могли допомогти просувати технологію вперед.

Наукова новизна даного дослідження полягає у відображенні стану нового ринку пристроїв і технологій, дослідження сильних і слабких сторін технології доповненої реальності і апаратних вимог для реалізації даної технології. Актуальність застосування розглянутих технологій в сфері проектування пов'язана з тим, що вони дозволяють підвищити ефективність процесу проектування, при цьому забезпечивши зручність і доступність практично для кожного учасника даного процесу.

1 ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ

1.1 Основні характеристики доповненої реальності

У сучасному світі людина щодня стикається з графічними образами, створеними за допомогою комп'ютерів. Вони грають дуже важливу роль в нашому житті, допомагаючи виконувати щоденні завдання, спрощувати рутинні процеси і спрощувати складні речі. Але комп'ютери не тільки дають можливість спілкуватися з віртуальним світом, вони також є інтерфейсом, що дозволяє отримувати розширені дані про реальний світ.

Візуалізація в навчанні є одним з ключових способів найбільш ефективно передати зовнішні характеристики досліджуваного об'єкта. Це найбільш актуально на етапах вивчення складних пристроїв чи обладнання. Візуалізація в навчанні дає змогу пояснити складні для уявлення речі простим шляхом. Для цього існує безліч технологій комплексного інформаційного супроводу (наприклад спеціальні програми для САПР та проектування). Але на етапі роботи безпосередньо з досліджуваним об'єктом можливості для візуалізації зазвичай обмежуються інструкцією. В зв'язку з цим може бути корисна така технологія, яка могла б забезпечити візуальний супровід процесу навчання безпосередньо при роботі в аудиторії чи лабораторії. В якості вирішення можна використовувати технологію доповненої реальності, яка дозволяє в режимі реального часу давати підказки по роботі з досліджуваним об'єктом, підключенню модулів, їх розташуванню. Це досягається за рахунок накладення на сприйняту очима людини картину реального світу віртуальних даних, використовуючи спеціальне програмне і апаратне забезпечення.

Доповнена реальність (augmented reality, AR) - революційна нова технологія в області взаємодії з цільовими аудиторіями за допомогою доповнення існуючої реальності образами та інформацією з віртуальної реальності. Суть технології полягає в тому, що при наведенні камери смартфона або планшета на тригер доповненої реальності користувачеві

відкривається інтерактивний контент, тобто користувач бачить віртуальний 3D об'єкт з анімацією або відео, а також інформаційний блок (в залежності від конкретного випадку), яким може керувати в реальному просторі. За допомогою доповненої реальності виробники зможуть вигідно підкреслити переваги своєї продукції, надати користувачеві інформацію про продукцію безпосередньо в момент вибору і в момент прийняття рішення про покупку. Шари доповненої реальності дають можливість користувачеві досліджувати повнофункціональну 3D-модель будь-якої продукції або наочно демонструють весь цикл надання тієї чи іншої послуги. При цьому користувач отримує максимально реалістичні відчуття від продукту або послуги, отримує інформацію, яка підтверджує якість товару або послуги, а також інформацію про компанію-виробника. Дана технологія відкриває необмежену кількість нових можливостей у просуванні бренду, в маркетингових і PR-комунікаціях.

Технологія доповненої реальності - результат введення в поле сприйняття людини сенсорних даних з метою доповнення відомостей про оточення і поліпшення сприйняття інформації. Ця технологія дозволяє істотно розширити область даних, які сприймаються людиною, за рахунок перенесення в реальний світ цифрової інформації. Процес формування доповненої реальності відбувається за допомогою камери або іншого пристрою, який може обробляти відеосигнал. Спеціальна програма доповнить картинку необхідними віртуальними об'єктами, такими як відео і аудіо матеріали, 3D-моделі, а також текстовий контент. Сам термін «доповнена реальність», імовірно, був запропонований дослідником корпорації Boeing Томом Коделом в 1990 році. По суті, не дивлячись на назву, ця технологія може як доповнювати навколишній світ, так і усувати з нього об'єкти - можливості додаткової реальності обмежуються лише можливостями відповідних пристроїв і програм. Головний принцип технології - розширити розуміння процесів, що відбуваються, а не цілком «поглинути» справжній світ. Пристрої, здатні розширювати межі реальності, вже давно продаються в

спеціалізованих магазинах, а розробники і вчені давно займаються створенням нового покоління техніки, яка доповнює навколишню дійсність.

Основними елементами технології доповненої реальності є спеціальні маркери, які зчитуються за допомогою камери і, на підставі отриманих даних, спеціальне програмне забезпечення будує модель, що відображається людині на екрані монітора або планшета, або на іншому пристрої виведення інформації. Треба зазначити, що на сьогоднішній день системи доповненої реальності можуть працювати не лише з маркерами, але й самостійно сканувати простір, та визначати горизонтальні та вертикальні площини для розміщення об'єктів. Це все стало можливим з появленням технологій машинного навчання.

Пристрої доповненої реальності мають ряд характеристик, які стають перевагами по відношенню до інших видів візуалізації (конкуруючи лише з системами віртуальної реальності):

- забезпечення взаємодії з об'єктом на інтуїтивному рівні;
- надання інформації тут і зараз (для перегляду не потрібно спеціальних навичок і знань);
- можливість показати те, що не можна уявити звичними способами; можливість з легкістю міняти параметри об'єкта через інтерфейс спеціального додатку;
- можливість «приміряти» віртуальні об'єкти до реального оточення;
- зображення-мітка, яка використовується в технології, може бути будь-якого формату і може бути надрукована будь-яким тиражем.

Технологія доповненої реальності забезпечує найбільш інтуїтивну і зрозумілу форму взаємодії людини з реальним світом через комп'ютер. Реальний світ поєднується на мобільному пристрої або комп'ютері з електронними даними, накладаючись поверх реального відеозображення.

Доповнена реальність - це технологія інтерактивної візуалізації, яка доповнює зображення реального світу віртуальними елементами. Щоб побачити доповнену реальність, необхідні веб-камера комп'ютера або камера

мобільного пристрою (смартфон, планшет, AR-окуляри), а також спеціальний додаток, що накладає цифрову інформацію (тривимірні моделі, відео, аудіо, тексти) на зображення реального світу, що отримується з камери, і виводить результат на екран.

Сам термін «доповнена реальність», імовірно, був запропонований дослідником корпорації Boeing Томом Коделом в 1990 році. Існує кілька визначень доповненої реальності: дослідник Рональд Азума в 1997 році визначив її як систему, яка володіє наступними можливостями:

- поєднує віртуальне і реальне;
- взаємодіє в реальному часі;
- працює в 3D.

У 1994 році Пол Мілгром і Фуміо Кісіно описали континуум «віртуальність-реальність» - простір між реальністю і віртуальністю, між якими розташовані доповнена реальність (ближче до реальності) і доповнена віртуальність (ближче до віртуальності). Доповнена реальність - результат додавання до елементів реального світу уявних об'єктів (зазвичай в якості допоміжної інформації).

Іноді в якості синонімів використовують терміни «розширена реальність», «поліпшена реальність», «збагачена реальність», «збільшена реальність». Правда, таке використання названих термінів в загальному випадку неправильна, - терміни «розширена реальність», «збільшена реальність», «збагачена реальність» можна застосувати лише для позначення певних форм і аспектів практичного застосування доповненої реальності, тоді як застосовність терміну «поліпшена реальність» зовсім сумнівна.

Технологія доповненої реальності істотно розширює область даних сприймаємих людиною. Актуальність цього питання пов'язана з:

- доступністю інформації в реальному часі;
- інтерактивністю;
- «wow» - ефекту - неординарний спосіб представлення інформації, що дозволяє залучати увагу, а також посилювати запам'ятовування;

- реалістичністю;
- інноваційністю.

Кількість компаній, що використовують AR, зростає з кожним днем. За оцінками аналітиків, сукупний обсяг ринку доповненої реальності зараз становить трохи менше 1 млрд доларів, а до 2022 року перевищить 5 млрд доларів. Markets and Markets оцінює середньорічне зростання глобального ринку з 2013 по 2018 рр. в 132% і більше.

Основні характеристики, властиві середовищу доповненої реальності:

- сполучуваність - можливість синтезу з об'єктивної реальністю і суспільними процесами;
- штучність - її існування обумовлено і підкріплено інформаційно-комп'ютерними технологіями;
- розпізнаваність - присутність даної форми реальності можна ідентифікувати.

Доповнена реальність знаходить застосування в найрізноманітніших областях. Перші прийоми доповненої реальності, хоча такої назви ще не було, знайшли широке застосування у фантастичній літературі і пов'язаної з нею образотворчому мистецтві в жанрі альтернативної історії, а також в продукції телебачення і кінофільмах, де змішані і взаємодіють реальні об'єкти і персонажі з такими ж, створеними мультиплікацією і комп'ютерною графікою.

Сьогодні можна виділити декілька найбільш перспективних ринкових ніш, де використання AR найбільш добре проглядається. Це, перш за все, маркетингові комунікації, продажу, навчання і обслуговування, військова сфера, сфера медицини, сфера розваг і дозвілля.

Існує безліч програмних продуктів для мобільних пристроїв, які дозволяють за допомогою доповненої реальності отримати необхідні відомості про навколишнє середовище: браузері доповненої реальності і спеціалізовані програми для окремих сервісів, компаній або навіть єдиних моделей. Саме поширення доповненої реальності і зростаюча популярність технології серед споживачів пов'язані з тим, що обчислювальна потужність і

набір датчиків в апаратних платформах смартфонів і планшетів дозволяють виробляти накладення будь-яких цифрових даних на одержуване в реальному часі зображення, що формується камерами пристрою.

З ростом ступеня проникнення комп'ютерних технологій в повсякденне життя класичні інтерфейси починають не справлятися з покладеним на них завданням і стають вузьким місцем у взаємодії людини з комп'ютерною технікою. У зв'язку з цим в даний час поширення набувають нові, революційні способи взаємодії людини з віртуальним світом. Одним з видів таких нових інтерфейсів є інтерфейси, що базуються на технологіях змішаної реальності.

Технологія доповненої реальності є однією з найефективніших технологій, що відносяться до змішаної реальності, так як вона має найбільший зв'язок з навколишнім світом.

Крім названих плюсів і ефекту від використання доповненої реальності, варто згадати про матеріальні плюси: відпаде необхідність у виробництві і використанні будь-якого виду поліграфії, друкованої продукції. Камера, двовимірний маркер, який розміщується перед камерою для зчитування та аналізу з нього інформації, - це все, що необхідно для отримання ефекту доповненої реальності.

В даний час великі інформаційно-технічні компанії працюють в напрямку впровадження доповненої реальності в повсякденне життя. Цей факт підтверджує те, що доповнена реальність, так чи інакше, проникла в усі сфери життєдіяльності людини, створюючи особливу інноваційну комунікацію за допомогою пристроїв і програмного забезпечення.

Таким чином, застосування технології доповненої реальності має широкі перспективи використання як в традиційних напрямках (наприклад, в інформаційних технологіях, бізнесі, сфері розваги і послуг), так і при вирішенні спеціалізованого кола завдань (наприклад, в супроводі процесів інженерного і освітнього характеру, діяльності військових та космонавтів).

1.2 Доповнена реальність та віртуальна реальність

Останнім часом серед науковців та інженерів дуже часто ведуться суперечки про те, чим відрізняється доповнена реальність від віртуальної. Обидві технології постійно на слуху, про них говорять в ЗМІ, міркують в мережі, використовують в різних сферах праці, пишуть в книгах та показують у фільмах.

Поняття штучної (віртуальної) реальності вперше ввів американський комп'ютерний художник Майрон Крюгер (Myron Krueger) в кінці 60-х років минулого століття. Комп'ютерний фахівець Майрон Крюгер розробив лабораторію штучної реальності Videoplace. Вона являла собою кілька пов'язаних в мережу кімнат, у кожній з яких знаходився великий екран з розташованим позаду нього відеопроєктором. Коли людина заходила в кімнату, вона бачила на екрані своє зображення у вигляді примітивного силуету, а також подібні силуети людей з інших кімнат. У всіх «тіней» можна було міняти колір або розмір, а також приєднувати до них різні візуальні об'єкти.

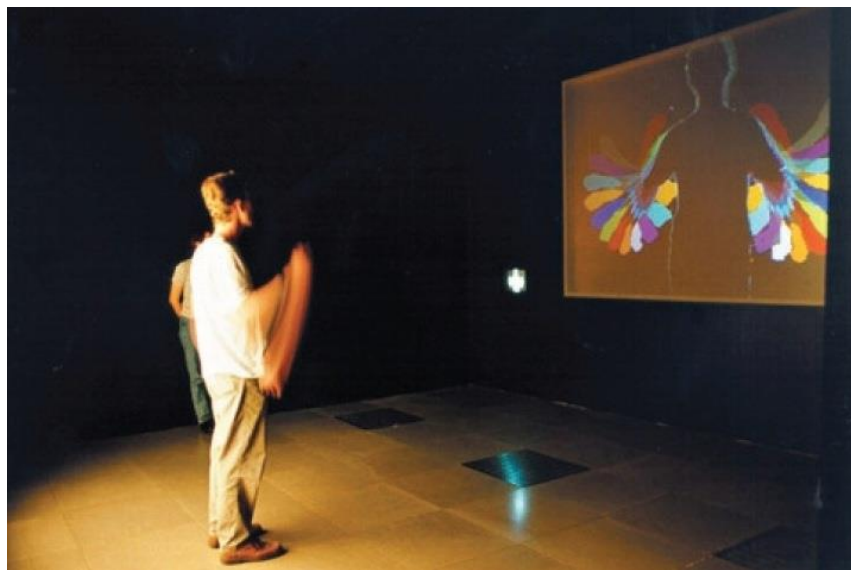


Рисунок 1.1 – Лабораторія Videoplace

Віртуальна реальність (virtual reality, VR) - це комп'ютерна симуляція реальності або відтворення якоїсь ситуації. Технічними засобами вона відтворює світ (об'єкти та суб'єкти), що передається користувачеві через його відчуття, а саме: зір, слух, дотик, нюх, та інші. Віртуальна реальність імітує як вплив, так і реакції на вплив. Як правило, «занурення» в віртуальну реальність досягається за рахунок спеціальних гаджетів.

Основні цілі віртуальної реальності:

- створити і поліпшити уявну реальність ігор, розваг, відео, 3D-фільмів та інше;

- поліпшити якість життя, дати можливість підготуватися до певної події, створюючи імітацію реальності, де люди можуть практикувати певні навички (як приклад, авіа-симулятор для пілотів).

Віртуальна реальність може створюватися за допомогою мови програмування, відомої, як VRML (Virtual Reality Modeling Language). Його можна використовувати для створення серії зображень, а також вказати типи взаємодій між ними.

VRML - це формат текстового файлу, де, наприклад, вершини та краї 3D-багатокутника можуть бути визначені разом із кольором поверхні, текстурами ультрафіолетового зображення, блискучістю, прозорістю тощо. URL-адреси можуть бути пов'язані з графічними компонентами, щоб веб-браузер міг отримати веб-сторінку або новий файл VRML з мережі інтернет, коли користувач взаємодіє з певним графічним компонентом. Анімації, звуки, освітлення та інші аспекти віртуального світу можуть взаємодіяти з користувачем або можуть бути викликані зовнішніми подіями, такими як таймери. Спеціальний вузол скриптів дозволяє додавати код програми (наприклад, написаний на мовах програмування Java або ECMAScript) у файл VRML.

Файли VRML зазвичай називають "світами" і мають розширення .wrl (наприклад, earth.wrl). Файли VRML являють собою простий текст і, як правило, добре стискаються, використовуючи gzip, корисні для швидшої

передачі через мережу інтернет (деякі файли, стиснуті gzip, використовують розширення .wrz). Багато програм 3D моделювання можуть зберігати об'єкти та сцени у форматі VRML.

Доповнена реальність і віртуальна реальність - протилежне відображення одного в іншому з тим, що кожна з технологій прагне надати користувачеві. Віртуальна реальність пропонує цифрове відтворення реальної обстановки життя, в той час як доповнена реальність забезпечує віртуальні елементи у вигляді накладення шарів на реальний світ.

І віртуальна, і доповнена реальність відносяться до технологій змішаної реальності.

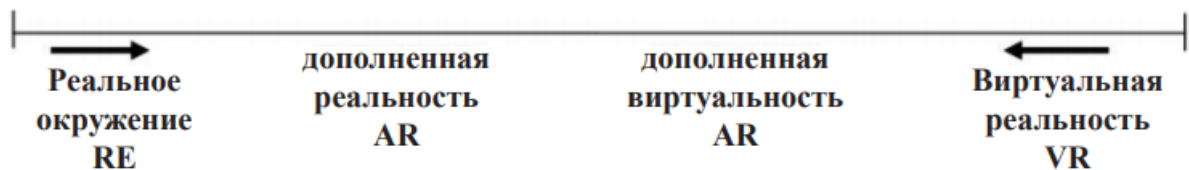


Рисунок 1.2 - Співвідношення технологій, що відносяться до змішаної реальності

Подібність віртуальної реальності і доповненої реальності:

– доповнена і віртуальна реальність задіють одні і ті ж типи технології, і кожна з них існує, щоб служити на благо користувачам для збагачення і поліпшення їх життєвого досвіду;

– обидві технології здатні урізноманітнити дозволя користувачів, роблячи його яскравішим і веселішим. Ще зовсім недавно ці технології здавалися вигаданим плодом наукової фантастики. Але зараз нові штучні світи оживають і розкриваються перед користувачами, які можуть їх контролювати. Також стає досяжна і глибша взаємодія з реальним світом. Провідні технічні компанії в сфері технологій розробляють все нові адаптації, удосконалення продуктів і програм, які підтримують технології доповненої і віртуальної реальностей;

– віртуальна і доповнена реальність мають великий потенціал в науці та навчанні. Натепер в провідних країнах світу все частіше зустрічаються технології доповненої реальності в навчальних закладах. З їх допомогою проводять наглядні заняття в навчальних лабораторіях, що дуже позитивно відображається на засвоєнні навчального матеріалу за рахунок наочності візуалізації. Також велику роль зазначені технології відіграють в медицині. З їх допомогою стають можливими не тільки медичні огляди та консультації, а й більш серйозні речі, на кшталт дистанційній хірургії. Ці технології вже використовували для лікування посттравматичного стресового розладу.

Відмінності віртуальної реальності і доповненої реальності:

– доповнена реальність збільшує досвід шляхом додавання віртуальних компонентів, таких як цифрові зображення, графіка або відчуття, як новий шар взаємодії з реальним світом. На відміну від неї, віртуальна реальність створює свою власну реальність, яку повністю згенеровано та яка управляється комп'ютером;

– віртуальна реальність, як правило, подається користувачеві через шолом або пульт. Дане обладнання з'єднують людину з віртуальною реальністю, дозволяє контролювати і управляти своїми діями в даному середовищі, імітуючи реальний світ. Доповнена реальність все більше і більше використовується в мобільних пристроях, таких як ноутбуки, смартфони та планшети, щоб змінити або доповнити вигляд реального світу. Це - взаємодії цифрових зображень та графіки.

1.3 Класифікація систем доповненої реальності

За типом переданої інформації системи доповненої реальності підрозділяються на:

– візуальні, в основі яких лежить зорове сприйняття інформації людиною. Даний вид систем доповненої реальності є найбільш популярні, оскільки візуальне сприйняття є найбільш простим і інформативним;

– аудіо - орієнтовані на слухове сприйняття. використовуються в навігації;

– аудіовізуальні. Є об'єднанням двох попередніх систем. Аудіо інформація в даних системах несе допоміжний характер;

Системи доповненої реальності отримують інформацію з довкілля, тому кожна з них має набір пристроїв приймачів інформації. За типом приймачів системи доповненої реальності діляться на:

– оптичні або відеоінформаційні. Ці системи обробляють відеосигнал, отриманий з камери, потім на підставі отриманої відеоінформації доповнюють реальний світ віртуальними об'єктами. Оптичні системи діляться на маркерні, безмаркерні і системи просторового трекінгу. Маркерні системи здійснюють пошук маркерних зображень і їх розпізнавання. Безмаркерні оптичні системи реалізують більш складні алгоритми розпізнавання, використовують не спеціальні маркери, а звичайні зображення або об'ємні тіла. У системах просторового трекінгу поточний стан доповнюється об'єкта в просторі визначається на основі безперервного аналізу відеопотоку, що надходить з відеокамери в режимі реального часу, для них не потрібні спеціальні зображення;

– геопозиційні - орієнтуються на сигнали систем глобального географічного позиціонування ГЛОНАСС або GPS;

– комбіновані - використовують як геопозиційні так і оптичні дані, тим самим досягається максимальна точність положення об'єктів доповненої реальності в просторі.

Також системи доповненої реальності можна розрізнити за ступенем взаємодії з користувачем. В одних системах користувач грає вторинну роль, лише спостерігаючи за реакцією системи на зміни в навколишньому середовищу. В інших же потрібна активна участь користувача, управління здійснює користувач самостійно. Таким чином, системи діляться на:

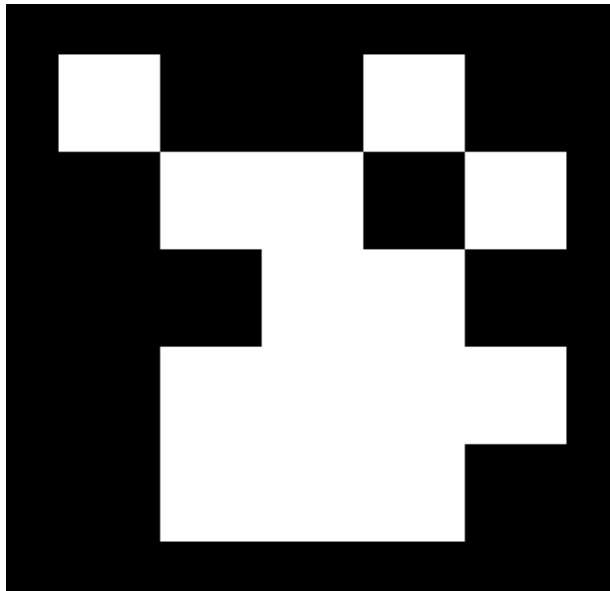


Рисунок 1.3 – Приклад маркеру

– автономні - не вимагають втручання користувача. завдання таких систем полягає в наданні довідкової інформації про різних об'єктах. Наприклад, автономні системи доповненої реальності застосовуються в медицині під час складних операцій;

– інтерактивні - засновані на діалозі з користувачем. У таких системах використовується пристрій введення інформації, наприклад, екран смартфона або планшетного комп'ютера.

Далі системи доповненої реальності можна розділити за ступенем мобільності:

– стаціонарні - системи, які мають на увазі роботу в фіксованому місці. Найчастіше є широкоформатні екрани, обладнані камерами з високим дозволом. При переміщенні такі системи частково або повністю втрачають свою працездатність, але при цьому в статичному стані демонструють більш реалістичну візуалізацію;

– мобільні системи можуть без праці переміщатися в просторі. До них відносять смартфони і планшетні комп'ютери.

Таким чином, приналежність системи до того чи іншого типу визначається її функціоналом. Так, наприклад, студентам-медикам підійдуть стаціонарні системи, так як симуляція складних операцій не має на увазі

пересування віртуального пацієнта в просторі. А для студентів-екскурсоводів більш зручними будуть мобільні системи, так як їм може стати в нагоді навігаційна система, яка буде супроводжувати їх під час прогулянок по визначних пам'ятках.

2 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РОБОТИ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТТЮ

2.1 Технічні засоби доповненої реальності

Для роботи з додатками доповненої реальності найчастіше використовуються портативні пристрої: смартфони та планшети.

Їх об'єднують чотири складові:

- пристрій введення;
- дисплей;
- процесор;
- пристрій відстеження.

Розрізняють такі типи дисплеїв, які використовуються для відображення доповненої реальності:

– ручні дисплеї - смартфони і планшети. такі пристрої використовують принцип «прозорого екрану» - виводять на екран інформацію, що доповнює реальний об'єкт, яку бачив би користувач, якби екран був повністю прозорим. Є поширеними і загальнодоступними;

– head mounted displays (HMD) - пристрій, що закріплюється на голові користувача. До таких пристроїв можна віднести окуляри, контактні лінзи, віртуальний екран на сітківці, технологію EyeTap. Дані пристрою виводять зображення реального світу і додаткових віртуальних об'єктів в полі зору користувача на вбудований екран.

– контактні лінзи доповненої реальності зараз знаходяться в розробці. Такі лінзи будуть містити вбудовані дисплеї, електричні схеми, пристрої для бездротової передачі даних.

– віртуальний екран на сітківці також знаходиться на стадії розробки в лабораторії Human Interface Technology Вашингтонського університету. Зображення проектується безпосередньо на сітківку ока. Технологія EyeTap або «Окуляри другого покоління» побудована на наступному принципі: пристрій перехоплює світлові промені, що проходять через зіницю, і замінює їх на контрольовані комп'ютером;

– просторові дисплеї - голограми, відеопроєктори. Головна відмінність таких дисплеїв полягає в тому, що вони не призначені для використання конкретним користувачем. Видима інформація доступна відразу декільком користувачам і представлена у вигляді голограми.

Пристрої введення діляться на системи розпізнавання мови в режимі реального часу, які перетворюють мову в команди і системи розпізнавання жестів, що працюють за допомогою сенсорних пристроїв або оптичних детекторів.

У системах доповненої реальності використовуються наступні пристрої відстеження: цифрові камери, оптичні сенсори, GPS, твердотільні компаси, гіроскопи, бездротові сенсори ті інше. Важливо визначити положення і орієнтацію в просторі голови користувача, а потім положення й орієнтацію пристрою введення.

Системи доповненої реальності повинні мати достатній обсяг оперативної і відео пам'яті, а також мати потужний процесор для обробки зображень з камери. Сучасні пристрої мають достатню потужність для таких завдань, тому в даний час кожен власник смартфона може дозволити собі використання доповненої реальності.

2.2 Алгоритм розпізнавання маркера

В теорії маркером може бути будь-яка фігура (об'єкт). Але на практиці розробники обмежені роздільною здатністю веб-камери (телефону), особливостями передачі кольору, освітлення і обчислювальною потужністю обладнання (все ж відбувається в реальному часі, а тому має робитися швидко), а тому вибирається зазвичай чорно-білий маркер простої форми. Як правило це прямокутник або квадрат з вписаним всередину ідентифікатором-образом.

Основні етапи розпізнавання маркеру:

– переведення зображення в градації сірого;

- бінарізація зображення (поріг);
- визначення замкнутих областей;
- виділення контурів;
- виділення кутів маркера;
- перетворення координат.

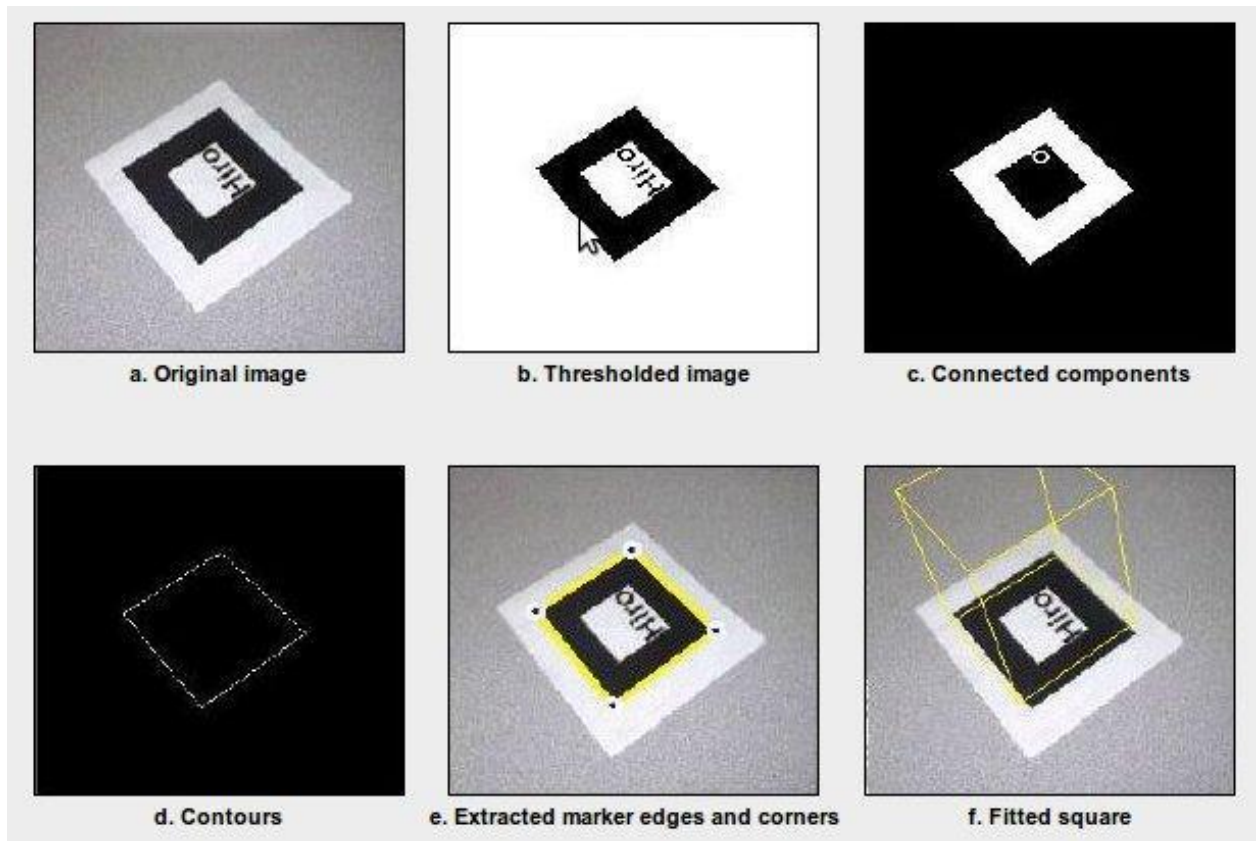


Рисунок 2.1 – Алгоритм розпізнавання маркера

2.2.1 Переведення кольорового зображення в градації сірого

Зараз використовуються три алгоритми переводу кольорового зображення в градації сірого.

1. Lightness

$$GS = (\max (R, G, B) + \min (R, G, B)) / 2$$

2. Luminosity

$$GS = 0.21 \times R + 0.72 \times G + 0.07 \times B$$

3. Average

$$GS = (R + G + B) / 3$$

Як правило використовують " Luminosity ".

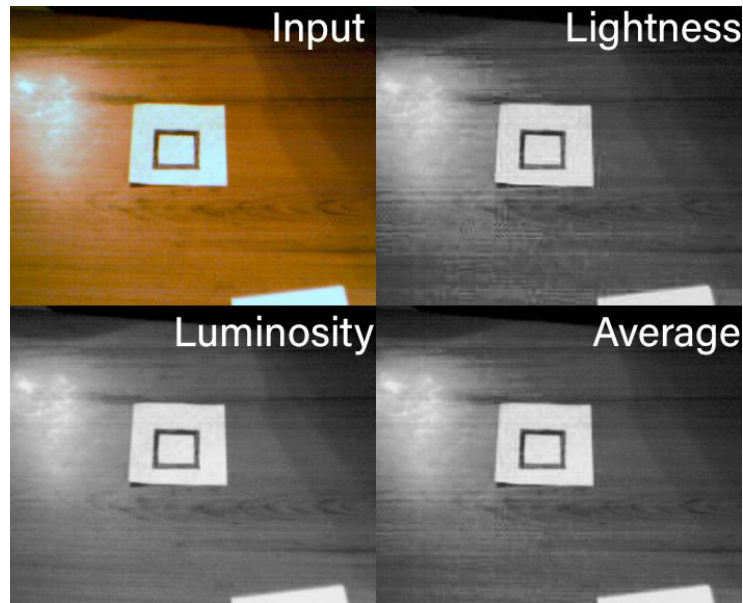


Рисунок 2.2 – Переведення зображення в градації сірого

2.2.2 Бінарізація зображення (порог)

Відомо, що для переведення зображення в двокольоровий стан використовується певний поріг. Питання в тому, як і до чого цей поріг застосовувати. Найпростіший спосіб - задати поріг. Наприклад якщо у нас 256 кольорів, то можемо поставити поріг 128. Якщо трохи ускладнити - то можемо вибрати поріг користуючись гістограммой кольору. Взагалі всі методи перетворення зображення в чорно-білий вигляд можна розділити на шість великих груп:

- методи засновані на "формі" гістограми;
- методи на основі кластеризації;
- методи на основі вивчення ентропії;
- методи засновані на пошуку подібності між сірим і ч / б зображенням;
- методи використовують кореляційні залежності та особливості статистичного розподілу між пікселями в областях зображення;

– методи засновані на локальній адаптації порога для кожного пікселя зображення.

Найчастіше використовуються методи на основі локальної адаптації. Методів бінаризації близько сорока, але найбільш використанні це методи із заданим порогом, адаптивний, а також методу Otsu.



Рисунок 2.3 – Біноризація зображення

2.2.3 Визначення замкнутих областей

На цьому етапі необхідно визначити замкнуті області на білому тлі. Як правило тут йде комбінація алгоритмів, але в загальному випадку - як правило застосовують алгоритми "залівки" білих областей і виділяють замкнуті області.

Різні технології використовують різні алгоритми, але наступні алгоритми найбільше популярні:

- алгоритм зафарбовування з запалом;
- алгоритми зі списком реберних точок;
- построчна XOR-обробка;
- алгоритм XOR для граней;

– алгоритм XOR для граней з перегородкою.

Всі зазначені методи ґрунтуються на одній з базових властивостей сигналу яскравості - розривності. Найбільш загальним способом пошуку розривів є обробка зображення за допомогою ковзної маски, яку називають також фільтром, ядром, вікном або шаблоном, яка представляє собою якусь квадратну матрицю, відповідну зазначеній групі пікселів вихідного зображення. Елементи матриці прийнято називати коефіцієнтами. Оперування такою матрицею в будь-яких локальних перетвореннях називається фільтрацією або просторової фільтрацією (рисунок 2.4).

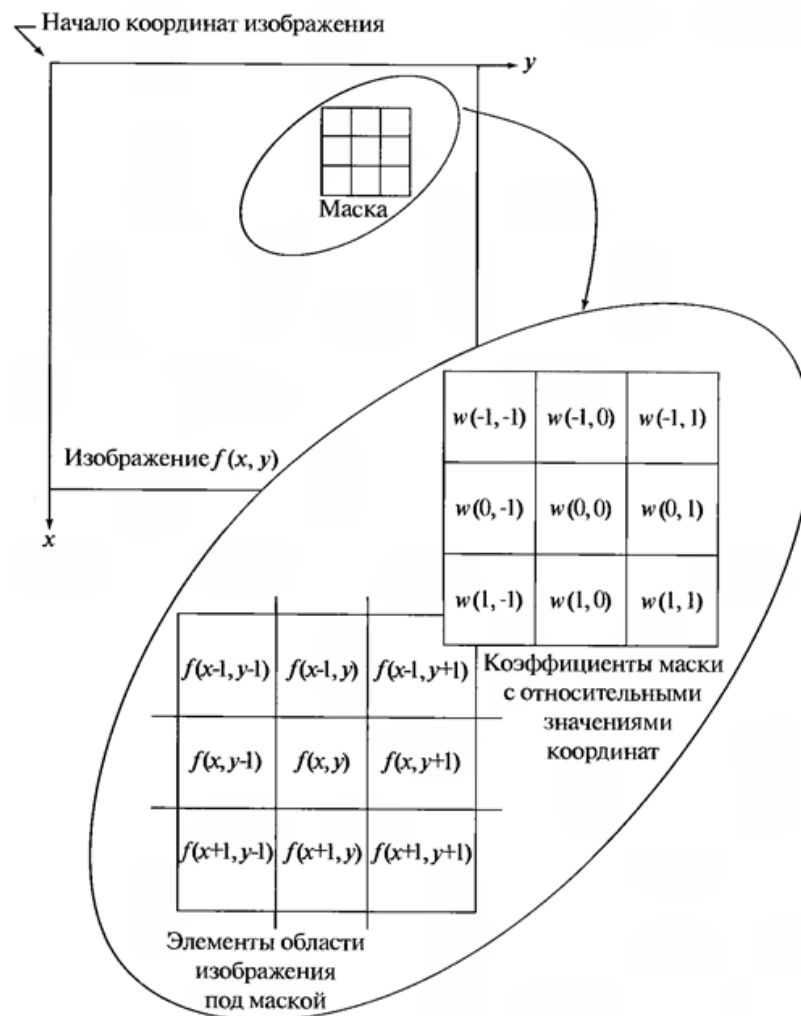


Рисунок 2.4 – Схема просторової фільтрації

Результат роботи схеми просторової фільтрації представлено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Вихідне зображення після визначення замкнутих областей

2.2.4 Виділення контурів

Існує кілька підходів до виділення контурів на зображенні. Зазначемо основні знайдені:

- детектор кромки Марра-Хілдрета;
- детектор кромки Канні;
- детектор кромки на основі булевої функції;
- евклідова відстань та детектор ребра на основі векторного кута;
- виявлення глибини ребра за допомогою мульти-спалаху;
- детектор кромки Собеля;

В основному використовується алгоритм Канні і Собеля. Спочатку всередині білих замкнутих областей шукаємо контури, потім в результаті застосування, отримуємо зображення.

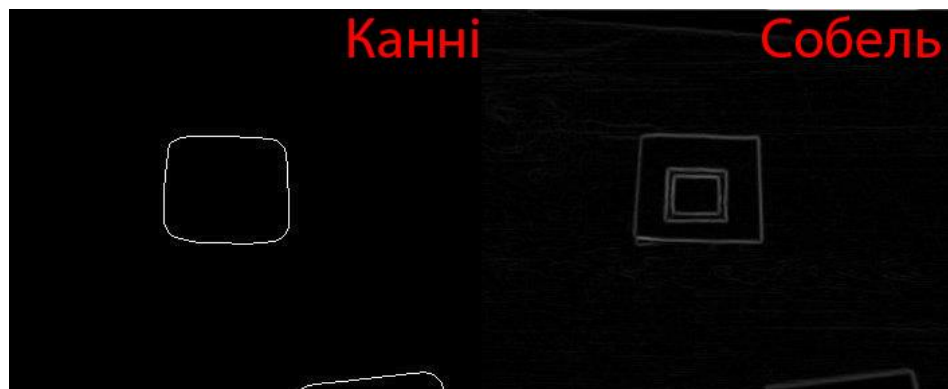


Рисунок 2.6 - Виділення контурів на зображенні

2.2.5 Виділення кутів маркера

Виділивши контур, його необхідно зіставити з нашим маркером. Може бути виділено багато різних контурів на зображенні, необхідно знайти щось «схоже» на чотирикутник.

Для вирішення цього завдання можна застосувати алгоритм Дугласа-Пекера (він же алгоритм Рамер-Дугласа-Пекера, алгоритм ітеративної найближчої точки, алгоритм розбиття і злиття), що дозволяє зменшити число точок кривої, апроксимувати більшою серією точок. Наприклад, в `openCV` є функція `approxPolyDP`, яка вже це робить. Якщо її результат додатково обробити, то можна отримати цілком відповідний результат. Таким чином отримуються координати кутів маркера.

2.2.6 Перетворення координат

Коли є координати кутів маркера, які по суті, в ідеалі є перпендикулярними, а в реальності розташовані під іншим кутом. Крім того, і в ідеалі і в реальності, сторони квадрата є осями координат. Таким чином, ми можемо визначити положення «камери» щодо нашого об'єкта, і точку відліку початку координат.

На чому заснований метод визначення координат можна показати графічно так (рис. 2.7):

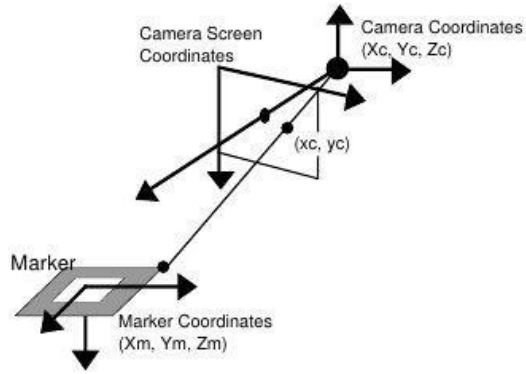


Рисунок 2.7 – Метод визначення координат

Тобто ідея полягає в тому, що при зміні кута з якого дивиться камера, змінюється розмір проекції (рис. 2.8).

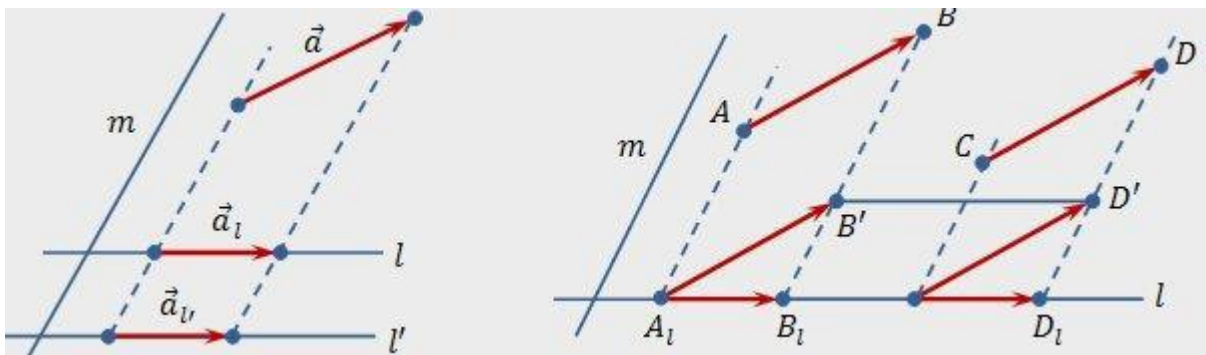


Рисунок 2.8 – Метод визначення координат

Знаючи положення камери і точки відліку, ми можемо намалювати проекцію для нашої 3D моделі. Як бачимо, якщо ми використовуємо квадрат з чистим полем в якості маркера, то він симетричний, і розпізнати обертання ми можемо тільки частково. Іноді цього достатньо. Якщо ж ні - то ми можемо внести всередину квадрата додатковий маркер, і отримати в результаті ще й кут повороту, використовуючи перетворення Хафа.

Для побудови доповненої реальності вже існують бібліотеки, які можна використовувати не проходячи заново весь цей шлях, наприклад ARToolkit і пов'язані з нею інші бібліотеки.

2.3 Огляд існуючих технологій доповненої реальності

На сьогоднішній день більшість AR-додатків пов'язано з розпізнаванням зображень (постер, обкладинка, сторінка), або площин, та накладанням якогось опису або супроводжуючого відео. Таким чином, зазвичай при розробці AR-додатку потрібно: розпізнати цільове зображення і зробити рендерінг об'єкта.

При дослідженні було обрано найбільш популярні AR-фреймворкі:

- ARCore (Google);
- ARKit (Apple).

2.3.1 Apple ARKit

На технологічній конференції Worldwide Developers Conference (WWDC) у 2017 компанія Apple анонсувала ARKit - набір інструментальних засобів розробки для роботи з доповненою реальністю. Завдяки йому поріг входження в цю технологію став значно нижче, а якість роботи технології вийшла на новий рівень завдяки апаратному забезпеченню. Ігровий світ, який інженери Apple змогли розгорнути на звичайному столі за допомогою ARKit, не може залишити байдужими навіть найдосвідченіших гравців. Це був не просто прототип, а добре працююча технологія, над якою дійсно попрацювали. У цьому легко переконатися, запустивши декілька демо-проектів або спробувавши самим додати щось віртуальне в наш світ.

Компанія Apple змушена була засмутити володарів iPhone 6 і нижче. На всіх пристроях нижче iPhone 6 ARKit буде недоступна. Для використання всіх ключових функцій ARKit необхідний процесор A9 і вище. За словами представників Apple, ці пристрої отримають урізаний доступ до функціональності, але це вже зовсім не та технологія.

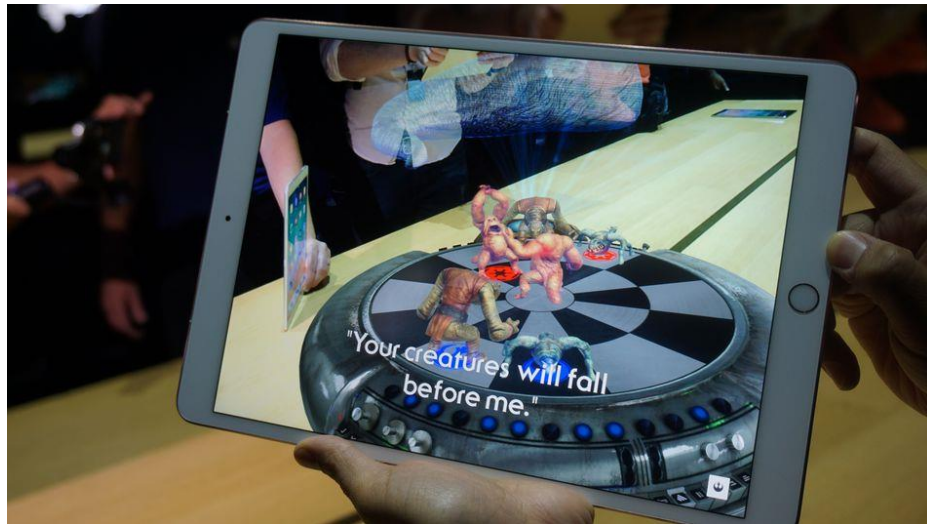


Рисунок 2.9 – Презентація ARKit на WWDC 2017

ARKit – це інструмент, який вмiє грамотно обробляти велику кількість даних, отриманих від пристрою. Завдяки камері і датчикам руху фреймворк відстежує рух, знаходить поверхні і визначає освітленість. Після аналізу даних додаток отримуємо конкретне уявлення про навколишній світ у вигляді точок перетину, координат поверхонь і положенні камери в просторі.

Основним завданням ARKit є спостереження за навколишнім світом (World Tracking) для створення віртуальної моделі реального світу. Фреймворк розпізнає особливості відеокадрів, відстежує зміни їхнього положення в просторі і порівнює цю інформацію з даними від датчиків руху. Результатом є віртуальна модель реального світу. Окрема можливість - розпізнавання плоских горизонтальних поверхонь. ARKit знаходить площині і повідомляє про їхнє розташування та розміри. Стеження за навколишнім світом вимагає аналізу картинки, одержуваної від камери. Для досягнення найкращого результату обробки кадру, необхідно хороше зовнішнє освітлення.

Основою ARKit є класи ARSCNView і ARSKView. Вони служать для відображення відео з камери пристрою та рендеринга 3D та 2D зображень. Ці класи є спадкоємцями від класів SCNView і SKView. Отже, ARKit не привносить якихось неймовірних особливостей у відображенні даних. Це все ті ж пакети для роботи з 2D та 3D графікою, з якими iOS розробники вже знайомі. Тому поріг входження в дану технологію буде досить низьким. Apple

відома любов'ю до своїх технологій і продуктів, але не дивлячись на це розробники ARKit зробили підтримку ігрових движків Unity та Unreal Engine. Це позитивно позначиться на кількості якісних програм, які з'являться найближчим часом.

ARSCNView та ARSKView містять в собі серце пакету ARKit - ARSession. Саме цей клас містить у собі все необхідне для роботи з доповненою реальністю. Для запуску ARSession необхідно передати конфігурацію роботи сесії. Тип конфігурації визначає стиль і якість роботи технології доповненої реальності, яке може бути досягнуто:

- на пристроях з процесором Apple A9 та новіше можна використовувати ARWorldTrackingSessionConfiguration. Саме ця конфігурація дає можливість скористатися всією потужністю даного фреймворка. Для користувача буде створена модель навколишнього світу у віртуальній реальності і надана інформація про площини в полі зору камери. Це допоможе розташувати віртуальні об'єкти з максимальною точністю та повисить чутливість технології.

- на інших пристроях, що підтримують ARKit, доступна лише ARSessionConfiguration. Базовий клас надає тільки інформацію про рух пристрою в просторі, але не будує віртуальних моделей. Це не дасть необхідного ефекту та не дозволить насолодитися всіма перевагами нової технології. Користувачу буде недоступна можливість фіксації віртуальних об'єктів щодо об'єктів реального світу.

Після вибору типу конфігурації необхідно створити її екземпляр, заново відрегулювати і запустити сесію:

Лістинг 2.1 – Приклад створення ARKit сесії

```
override func viewWillAppear(_ animated: Bool) { super.viewWillAppear(animated)
let configuration = ARWorldTrackingSessionConfiguration()
sceneView.session.run(configuration)
}
```

Важливо пам'ятати, що ARKit споживає досить багато енергії для розрахунків. Якщо елемент View з контентом не відображається в даний момент на екрані, то має сенс призупинити сесію на цей час, використовуючи `session.pause ()`. Після запуску сесії можна починати працювати з віртуальним контентом. Якщо розробляємий додаток повинен мати змогу розпізнавати площини, ARKit потребує встановлення значення `planeDetection` у конфігурації в значення `horizontal` або/чи `vertical`. По замовчанню розпізнавання горизонтальних та вертикальних поверхонь вимкнено.

Спосіб отримання інформації про навколишнє середовище залежить від того, який спосіб відображення даних користувач буде використовувати ARSCNView, ARSKView або Metal. Одиницею інформації, яку надає ARKit, є ARAnchor. Якщо у користувача ввімкнена розпізнавання поверхонь, то користувач зіткнеться з додатковим класом ARPlaneAnchor. Він містить в собі інформацію про знайдені площини. Завдяки даним якорів є можливість орієнтуватися в просторі. У разі використання Metal користувачеві доведеться вручну займатися рендерингом об'єктів. Можна підписатися на оновлення, використовуючи делегат ARSessionDelegate в класі ARSession, і отримувати якоря від сесії. Якщо користувач використовує один з наданих Apple движків для рендеринга об'єктів, тоді є можливість скористатися більш зручними делегатами ARSCNViewDelegate або ARSKViewDelegate.

На перший погляд технологія ARKit досить проста у використанні. Майже всю складну роботу робить ARSession.

На сьогоднішній день підтримку ARKit мають наступні пристрої:

- iPhone 11 Pro Max;
- iPhone 11 Pro;
- iPhone 11;
- iPhone XR;
- iPhone XS Max;
- iPhone XS;

- iPhone X;
- iPhone 8 Plus;
- iPhone 8;
- iPhone 7 Plus;
- iPhone 7;
- iPhone 6s Plus;
- iPhone 6s;
- iPhone SE;
- iPad Pro (усі модифікації);
- iPad mini;
- iPad 2019;
- iPad 2018;
- iPad 2017;
- iPod touch 7.

2.3.2 Google ARCore

Більше двох мільярдів пристроїв працює на операційній системі Android - найбільшій мобільній платформі в світі. Останні дев'ять років компанія Google працювала над створенням широкого набору інструментів, фреймворків і API, завдяки яким продукти розробників стають доступними кожному. Одним з таких інструментів став набір засобів для розробки програмного забезпечення - ARCore. Цей інструмент дозволить застосовувати технологію доповненої реальності на вже існуючих і нових пристроях під керуванням Android.

Історія доповненої реальності на операційній системі Android починається з 2014 року з проекту Tango. Він не завоював широку популярність на ринку, оскільки його робота сильно залежала від сенсора глибини – пристрою в смартфоні, який розраховує відстань на підставі відображеної довжини інфрачервоної хвилі. Сенсор дозволяв розміщувати

пристрій у віртуальний простір, що є відображенням реального. Однак у нього були серйозні обмеження. Так максимально доступна відстань становила всього 4 метри. А відстань, відбита від яскравих або дзеркальних поверхонь, взагалі не оброблялась. В результаті компанія Google поставила за мету створити доповнену реальність для Android, виключивши залежність від апаратних засобів. Так з'явився ARCore. Він абсолютно не пов'язаний з сенсором глибини. Таким чином, досвід, отриманий в процесі роботи над Tango, для нього не знадобився. Але послужив хорошим стартовим майданчиком. На сьогодні ARCore має близько 100 мільйонів потенційних користувачів. Нова технологія ARCore, як і ARKit від Apple, дозволяє створювати доповнену реальність за допомогою всього лиш однієї камери. Як задумано, на самому початку ARCore буде доступний для смартфонів Google Pixel і Samsung Galaxy S8, проте дуже скоро розробники обіцяють перенести його й на смартфони інших моделей і марок.

Концептуально, в основі ARCore лежить 3 основних положення - motion tracking, environment understanding та light estimation. Під час роботи ARCore розпізнає і відображає горизонтальні поверхні, розташовуючи в просторі віртуальні світлові маячки, які допомагають розрізняти об'єкти реального навколишнього простору. Одночасно з цим система використовує камеру, а також акселерометри та гіроскопічні датчики смартфона, щоб зрозуміти – чи переміщується користувач.

Коли ваш мобільний телефон переміщується в просторі, ARCore об'єднує візуальні дані з камери пристрою, щоб оцінити становище та орієнтацію об'єктива щодо часу і простору. У цій категорії слід виділити різні калібрування. Перелічимо основні:

а) оптичні;

1) pinholde model - математична модель описує відношення між координатами точки в тривимірному просторі з її проекцією на полотно, а також Field of View (FoV) - модель описує спотворення перспективи зображення;

- 2) фотометрична калібрування - карта інтенсивності кольорів;
- б) моделювання на основі інерції;
- 1) вимірюється прискорення, а не дистанція чи швидкість;
 - 2) моделювання на основі інерції не зводиться до категорії "так чи ні". Це - більше статистика, необхідна для конкретного способу використання.

Втім, існує температурна проблема при заводським калібруванні IMU (Inertial Measurement Units). Різні виробники виготовляють її при різній температурі, тому дані на різних пристроях можуть відрізнятися.

На сьогоднішній день ARCore надає розробникам такі можливості:

- пошук площин (Plane finding);
- доступ до зображення процесора (CPU Image Access);
- маніпуляції з об'єктами (Object Manipulation);
- основна оцінка світла (Basic Light Estimation);
- місцеві якоря (Local Anchors);
- фон камери доповненої реальності (AR Camera Background);
- доступ до текстури GPU (GPU Texture Access);
- доповнені обличчя (Augmented faces);
- хмарні якоря (Cloud Anchors);
- оточуюче HDR освітлення (Environmental HDR Lighting);
- доповнені зображення (Augmented Images).

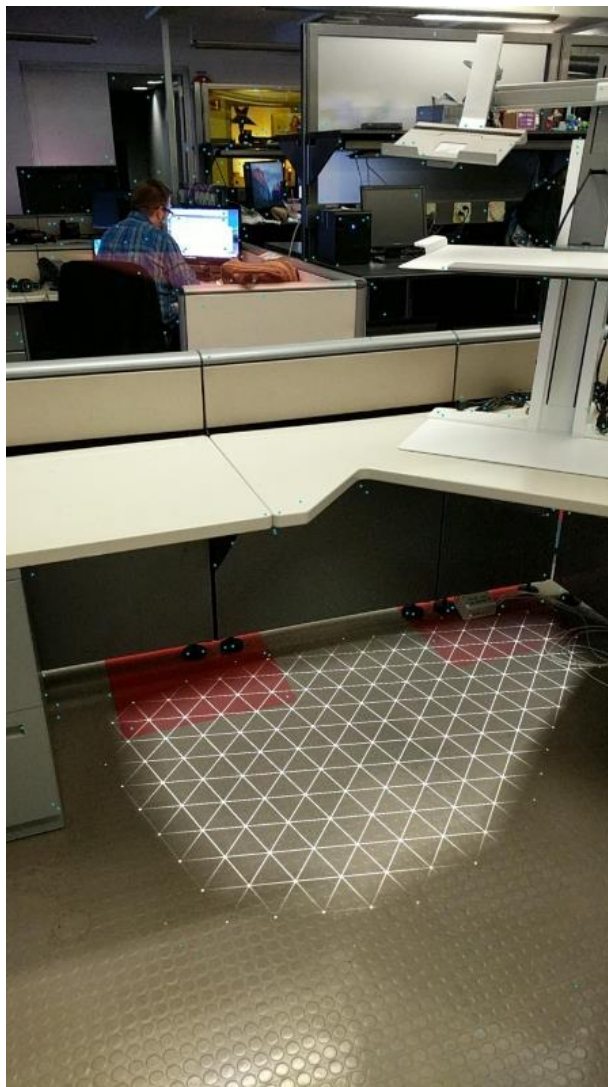


Рисунок 2.10 – Приклад роботи ARCore

Хочеться вірити, що ARCore повністю розкриє свій потенціал в технології Google Glass. На жаль, зараз проект призупинено, через безліч проблем, пов'язаних у тому числі з законодавством. Втім, компанія Google вже відновила роботу та анонсувала прийдешній акцент на промисловому застосуванні очок - заводи, фабрики, високотехнологічні концерни. Цей напрямок виглядає найбільш перспективним. Він цілком здатен перетворити доповнену реальність з забавної іграшки в повноцінний інструмент.

На сьогоднішній день підтримку ARCore мають більш ніж 50 пристроїв, зазначимо основні:

- Google Pixel;
- Google Pixel XL;

- Google Pixel 2;
- Google Pixel 2 XL;
- Google Pixel 3;
- Google Pixel 3 XL;
- Google Pixel 4;
- Google Pixel 4 XL;
- Asus ROG Phone;
- Asus Zenfone 6;
- Asus Zenfone AR (ARES);
- Huawei Honor 10;
- Huawei P20;
- Huawei P30;
- LG G6;
- LG G7;
- LG G8;
- Samsung S7;
- Samsung S8;
- Samsung S8+;
- Samsung S9;
- Samsung S9+;
- Samsung S10;
- Samsung S10+;
- Samsung A5;
- Samsung A6;
- OnePlus 6;
- OnePlus 7.

2.4 Доповнена реальність в браузері

З появою інструментів для роботи з VR / AR технологіями в браузері попит на ці технології зростає ще більше. Вже зараз можна експериментувати і створювати MVP (Minimum Viable Product) веб-проекти за допомогою JavaScript API, яке так і називається – WebVR. Роботи над технологією почалися ще в 2014 році, але перша версія була представлена на початку 2016 року компанією Mozilla. Тоді була представлена перша повноцінна чорнова специфікація WebVR API. Ця специфікація описує програмний інтерфейс для роботи з різними VR пристроями типу Oculus Rift і їм подібним (власне дана специфікація і писалася спочатку під Oculus). Дана специфікація розроблена за участю Брендона Джонса (Brandon Jones) з компанії Google і Джастіна Роджерса (Justin Rogers) з Microsoft.

Підтримка нової специфікації WebVR вже реалізована в Firefox і мобільному Chrome. Це означає, що вже сьогодні можна вільно експериментувати і пробувати технологію завтрашнього майбутнього. Для підтримки старих версій браузерів є поліфіли. WebVR API - це програмний інтерфейс для роботи з пристроями. Він нічого не знає про 3D графіку. Робота з графікою, отрисовка сцени, установка джерел світла і все інше лежить на плечах програмістів. WebVR API всього лише дозволяє абстрагувати доступ до пристроїв. Дане API надає інструменти для рендеринга картинки, для отримання інформації про пристрій, його можливості та технічні характеристики, але саму картинку і 3D світ потрібно малювати, використовуючи вже звичні веб-технології, такі як: HTML, CSS, WebGL, Canvas та інші.

WebVR API надає кілька основних об'єктів для роботи:

- Navigator - дозволяє отримати список девайсів, визначити активний;
- VRDisplay - повідомляє чи одягнений шолом на голову, інформація про кадри;

- VRPose - інформація про позицію і орієнтації пристрою, швидкості пересування і напрямки;
- VREyeParameters - інформація про те, як рендерить відео в кожне окреме око;
- VRFrameData - інформація про кадри сцени для проекції на окреме око.

Як вже було сказано вище, сам WebVR API потрібен тільки для роботи з VR пристроями, а точніше, для отримання характеристик про дисплеї та для рендеринга картинки. Але якщо ми говоримо про Mobile VR, то фізично ми працюємо з одним екраном. Але користувач може емулювати стереопару, і та WebVR API може допомогти абстрагуватися та інкапсулювати роботу з екраном таким чином, що користувач буде як би працювати з двома фізичними дисплеями. При цьому код буде кросплатформним, і користувач матиме змогу запускати WebVR додаток на Oculus в браузері Carmel, наприклад.

Web AR також можливо створювати в браузері. Але «WebAR API» не існує, це просто позначення доповненої реальності, реалізованої на веб-технологіях. Технічно вся робота точно така ж, як і робота з WebVR, але додатково користувач отримує відеопотік з веб-камери, використовуючи WebRTC. Додатково пишеться логіка покадрової обробки, для пошуку потрібних об'єктів. А далі, як і в випадку з WebVR – користувач вже сам малює 3D сцену на тлі відеопотоку. І, треба сказати, що AR не обов'язково має на увазі наявність шолома. Згадаймо "Pokemon GO!" - це AR проект, але без VR шолома. Звідси випливає, що, щоб створити AR проект, не обов'язково мати VR шолом. Але при цьому VR і AR поняття можуть перетинаються по деяких параметрах і технологій.

3 АНАЛІЗ УКРАЇНСЬКОГО ТА ІНОЗЕМНОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

3.1 Огляд українського досвіду використання технології доповненої реальності

В останні роки технологія доповненої реальності зазнала небувалого розвитку. Завдяки зусиллям компаній Apple та Google ця технологія стала мати змогу використовуватись будь-де. Так, розроблені різноманітними компаніями додатки на основі технології доповненої реальності, стають затребуваними у різних сферах людської діяльності, наприклад маркетингу, медицині, авіації, туризмі, дизайні, в сфері продаж та в іграх. Все що для цього потрібно — мобільний телефон та доступ до мережі Інтернет, і то, не в усіх випадках. На сьогоднішній день застосування технології доповненої реальності в освітній галузі лише тільки починає набирати оберти. Сьогодні ця технологія знаходить все більш прихильників серед викладачів і науковців ніж декілька років тому. Але треба не забувати, що більшості молоді не цікаво вчитися по методах, які є привичними для старшого покоління.

Провівши аналіз розробок вітчизняних та закордонних виробників, можна зробити висновок, що ринок друкованої продукції з використанням сучасного програмного забезпечення та електронних засобів навчання стає все ширшим. Виробники пропонують споживачам різноманітну дитячу розважальну і навчальну літературу. Технологія доповненої реальності дозволила «оживити» сторінки всесвітньовідомої книги Льюїса Керрола «Аліса у Задзеркаллі». Друге видання, що ілюстроване Є. Гапчинською, українською художницею-живописцем, переносить маленьких дослідників в казковий світ пригод. Таким чином, поступовий перехід від дитячих книжок-розмальовок і книжок-казок з доповненою реальністю технології застосування доповненої реальності поширюються на виробництво навчальної продукції, тобто поступово переходять від ігрової технології, до технології навчальної.

Як каже керівник напряму «Освіта» компанії Sensorama Academy, Уляна Автомонова, викладачі в Україні дуже консервативні, що значною мірою впливає на поширеність нових технологій в навчальному процесі. Для того, щоб використовувати технологію доповненої реальності в навчальному процесі, необхідно закупити обладнання для роботи. На сьогоднішній день існує більш ніж 20 високоякісних безкоштовних мобільних додатків з різних предметів, які можна інтегрувати в заняття. Прикладом може бути додаток Google Expeditions, що надає більш ніж 700 готових фотосфер з різних навчальних тем.

Відразу потрібно розуміти, що освіта - це сама по собі довгострокова інвестиція. Видимі результати проявляються роками пізніше. У школі, університеті, або іншому навчальному закладі, доповнена реальність допоможе краще засвоювати складні поняття. Гарний приклад - легені. Викладач може довгий час пояснювати функції легенів, як вони виглядають зовні і зсередини, на словах. Уявіть, що завдяки віртуальній реальності вдасться "побувати" всередині легенів, побачити все своїми очима.

Доповнена реальність підходить для початку заняття, щоб занурити в певну тему, середини - щоб візуалізувати якийсь складне поняття. Або ж частина з доповненою реальністю можна використовуватися в кінці, щоб надихнути учня на виконання домашнього завдання.

Обов'язково треба виділити одну думку - по мірі розвитку технологій людина отримує більше можливостей, але в той же час втрачає деякі навички, які були у попередніх поколінь. Наприклад, навичка концентрації та усидливість. На жаль, це факт: проводячі більшість часу постійно в цифровому світі інформаційного різноманітності, що складається з нотифікацій Facebook, Telegram, бажання самовиразитися за допомогою Instagram-Селфі або ігор в кінорежисера в YouTube, люди покоління Z дуже погано управляють своєю увагою. Якщо співрозмовник їм не цікавий, вони приділять йому в середньому 8 секунд.

Говорячи про вітчизняні розробки в сфері освіти, варто згадати «Академію розвитку інтелекту SMARTUM Україна», яка презентувала оновлений мобільний додаток з функцією доповненої реальності для курсу «Ментальна арифметика». Підручники з «Ментальної арифметики» взаємодіють з мобільним додатком при навчанні, показуючи правильність аплікатури пальців, а також допомагають виконувати вправи правильно без контролю тренера. Також у підручнику є чарівні картинки для розфарбовування, які оживають в додатку і переливаються яскравими фарбами.

Видавничий дім «Освіта» — перше в Україні видавництво навчальної літератури, яке створило для школи підручники та навчально-методичні додатки до них з доповненою реальністю. Це підручник інтегрованого курсу «Я досліджую світ» для 1 класу закладів загальної середньої освіти, універсальний дидактичний матеріал до курсу «Я досліджую світ» для 1 класу. Наразі готуються до публікації два підручники «Я досліджую світ» для 2 класу а також підручник для 6 класу закладів загальної середньої освіти «Всесвітня історія. Історія України».



Рисунок 3.1 – Український підручник з доповненою реальністю

В ході дослідження було виявлені 4 пункта, які гальмують розвиток використання технології доповненої реальності у навчанні в Україні:

- наявність великої кількості якісного контенту з доповненою реальністю для навчання, але контенту з українською мовою надзвичайно мало;

- проблема вибору пристрою. Деякі додатки працюють лише на операційних iOS або Android останніх версій. Деякий додатки можуть бути не доступні через відмінність операційних систем, наприклад додаток працює лише на iOS, а в навчальному закладі працюють на пристроях з Android;

- висока ціна пристроїв з підтримкою Apple ARKit або Google ARCore. Їх ціна може бути в діапазоні 800-1800\$;

- небажання деяких освітян що-либo міняти в своїй діяльності, незважаючи на конкретні зміни, які впроваджує Міністерство освіти і науки. Міністерство розуміє, як важливі інновації. У деяких школах у класах інформатики досі викладають школярам Word, PowerPoint і двійковий код. Дітям набагато цікавіше дізнатися про 3D-принтери, штучний інтелект або експедиції на Марс.

Зміни в українській освіті відбудуться тоді, коли самі викладачі почнуть цікавитися і добре розбиратися в сучасних технологіях - тільки тоді вони зможуть з інтересом розповідати про це своїм учням. На мою думку саме час відходити від стандартів і робити навчання цікавим для дітей. І, врешті-решт, питати у них самих, що їм цікаво.

3.2 Огляд іноземного досвіду використання технології доповненої реальності

За кордом технологія доповненої реальності зазнала значного розвитку в сфері освіти. Досить оригінально до вивчення іноземної мови підійшли в Японії. Видавнича група Токуо Shoseki випустила серію англomовних самовчителів і мобільний додаток, який підтримує доповнену реальність на смартфоні. Компанія пропонує по-новому поглянути на звичний світ навчання

і не списувати з рахунків старі книжки, об'єднавши звичні речі і сучасні технології. Більш практичні друковані самовчителі англійської мови з елементами доповненої реальності можуть не поступатися в плані інтерактивності типовому вивченню іноземної мови на екрані iPad, але при цьому залишатися більш доступним рішенням для освітньої системи. Вивчаючи серію книг «Новий обрій», читачі можуть навести смартфон на відповідний розділ сторінки, щоб почути діалог або спробувати поговорити з вигаданими іноземцями. У будь-якому випадку, навик говоріння іноземною мовою при цікавій бесіді розвивається набагато швидше, ніж при прослуховуванні аудіозаписів.



Рисунок 3.2 – Додаток для вивчення іноземних мов Tokyo Shoseki

Мабуть, найбільш наочне застосування AR і VR технологій можливо в вивченні точних та інженерних наук. Проект Ханнеса Кауфмана і Бернда Мейера «PhysicsPlayground» орієнтований на моделювання фізичних експериментів в області механіки. Величезна кількість інструментів для аналізу впливу сили, маси, траєкторії, швидкості та інших характеристик об'єктів фізичного світу дозволяють детально вивчати процеси, що відбуваються і експериментувати в тривимірному віртуальному просторі, виключаючи витрати на оригінальні випробування. Програма функціонує на сучасному фізичному движку, який спочатку створювався для розробки ігор,

однак його можливості з лишком забезпечують реалізацію освітніх завдань на практиці.

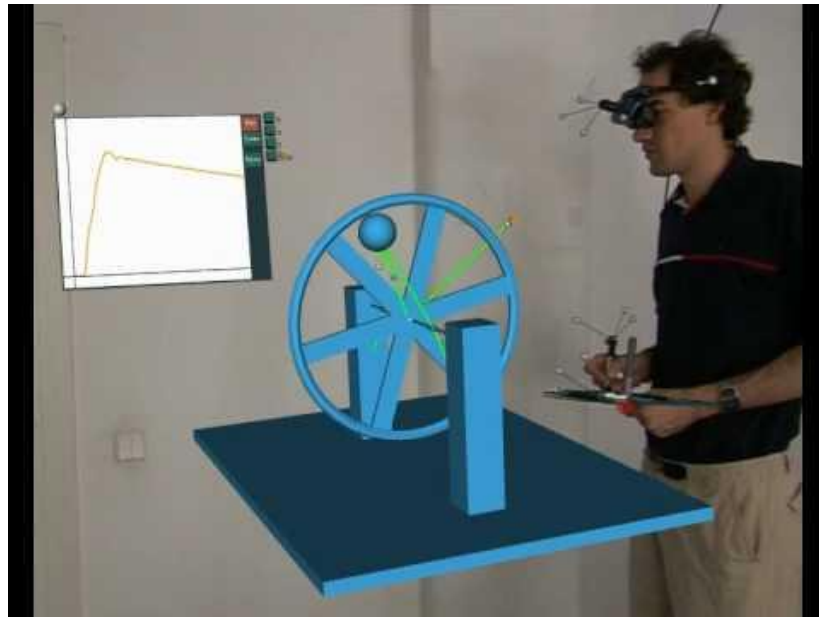


Рисунок 3.3 – Додаток «PhysicsPlayground»

Варто виділити певні моменти:

– Єльський університет протестував VR-тренування для проведення хірургічних маніпуляцій з жовчним міхуром. Автори дослідження виявили, що VR-група була на 29% швидше і в шість разів рідше допускала помилки;

– дослідження на тему: «Вплив VR на академічну діяльність», яке провели в Пекіні, показало схожі результати. Двом групам дітей викладали одну і ту ж дисципліну, але різними способами. Першій групі - традиційними методами, другій - за допомогою віртуальної реальності. Студенти першої групи набрали в середньому 73% в підсумковому тесті, студенти групи VR - 93%. Група VR також продемонструвала більш глибоке розуміння і утримання знань через два тижні.

4 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ, РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКА

4.1 Аналіз предметної області та визначення функціональних особливостей застосунка

В ході науково-дослідницької роботи програмний застосунок для доповненої реальності пропонується для використання як частина системи кібер-простіру навчального закладу. Пропонується, що застосунок може поставлятися у вигляді окремого пакету для вбудови у вже існуючі застосунки, або як цілком новий застосунок.

По перше треба пояснити що мається на увазі, як кібер-простір навчального закладу. Сфера освіти в останній час зазнає незворотних змін. Найголовніший тренд в наш час - це отримання додаткової освіти.

Компанія Witkom, цифрова асоціація Німеччини, провела опитування, в результаті якого троє з чотирьох респондентів скаржаться, що на робочому місці їм недостатньо часу для отримання додаткових знань. Пов'язано це з швидким розвитком інформаційних технологій. Тому в таку епоху важливо постійно бути «здатним до навчання». Причому потрібно вміти об'єднувати окремі компоненти інформації, підходити до вирішення проблем нестандартно і швидко реагувати на зміни.

Таким чином під терміном кібер-простір навчального закладу слід розуміти перенос основних функцій та можливостей навчального закладу в один програмний застосунок. Як правило, такі застосунки розробляються із застосуванням мережевої схеми взаємодії «клієнт-сервер». Такий застосунок має повне право називатися корпоративним, тому що доступ до додатку можуть мати лише особи, пов'язані з певним навчальним закладом, наприклад студенти, викладачі, керівний склад та інші.

Зазвичай, суть таких застосунків полягає в спрощенні комунікації співробітників, прискоренні обміну інформацією всередині організації та створення спільного доступу до всіх даних організації. Серед різноманіття

корпоративних додатків мультифункціональними вважаються наступні два види:

– інтранет-портал, або корпоративний портал. Яскраві приклади такої розробки - «Бітрікс24», Jive, Mirapolis, SharePoint. На корпоративному порталі можна розміщувати новини організації, важливу документацію, розклади занять, різноманітні послуги та інше. За бажанням керівництва деяку частину сайту можна зробити відкритою для загального доступу, щоб потенційні абітурієнти мали змогу більше дізнатись про навчальний заклад. Одним словом, корпоративний портал - це профільний внутрішній сайт організації. Контент на такі ресурси, як і на будь-які сайти, завантажує модератор;

– корпоративна соціальна мережа. До КСС відносяться Facebook Workplace, Loqui Business, DaOffice. Платформа повністю виправдовує свою назву - КСС містить практично той же функціонал, що і звичайні соцмережі. І на відміну від корпоративного порталу, контент там генерують самі члени організації, кожен з яких має особистий профіль з аватаром і короткою інформацією. Користувачі викладають новини з фото і відео в інформаційну стрічку соцмережі, створюють різні блоги і локальні корпоративні чати, де обговорюють робочі процеси в режимі онлайн. При цьому співробітники можуть спілкуватися і в окремих розмовах на абстрактні теми. І якщо в невеликих організаціях корпоративна соціальна мережа просто прискорює роботу і згуртовує колектив, то великим організаціям з філіями в різних містах такий додаток допомагає ще й знизити внутрішні витрати. При грамотно збудованому спілкуванні в корпоративної соцмережі відпадає потреба в міжміських дзвінках і навіть відрядженнях, та й проблеми з неякісною відеозв'язком під час онлайн-конференцій втрачають актуальність. Варто додати, що корпоративна соціальна мережа добре допомагає і в контролі віддалених співробітників. А вони, в свою чергу, можуть не виходячи з дому звітувати про виконану роботу.

Перехід на споживання контенту з мобільних пристроїв дав новий виклик університетської інформаційної інфраструктури. Користувачі більше

не хочуть користуватися сайтами, які не оптимізованими для перегляду хоча б з планшета. І навіть більше, всім відомо, що добре зроблений нативний застосунок під Android або iOS буде зручніше будь-якого оптимізованого мобільного сайту. Тому, деякі вищі навчальні заклади відчували потребу у випуску спеціалізованого мобільного застосування під своїм брендом.

В якості прикладу такого застосунку в роботі пропонується розробка програмного застосунку для навчальних закладів, який давав би змогу використовувати всю міць технологій доповненої реальності в навчальному процесі. Застосунок має складатися з двох частин: серверної частини з доступом через веб-інтерфейс та мобільного застосунку. Суть застосунку – зробити систему, яка мала б змогу обирати 3D-моделі з веб-сервера, та за допомогою мобільного додатку сканувати площини для розміщення даних моделей. При розміщенні моделі студент матиме змогу роздивитися досліджуваний об'єкт з різних сторін без фізичного контакту з об'єктом. Застосунок може використовуватися як наочний посібник для вивчення безлічі наукових дисциплін.

На рисунку 4.1 показано взаємозв'язок між різними компонентами системи, що розробляється.

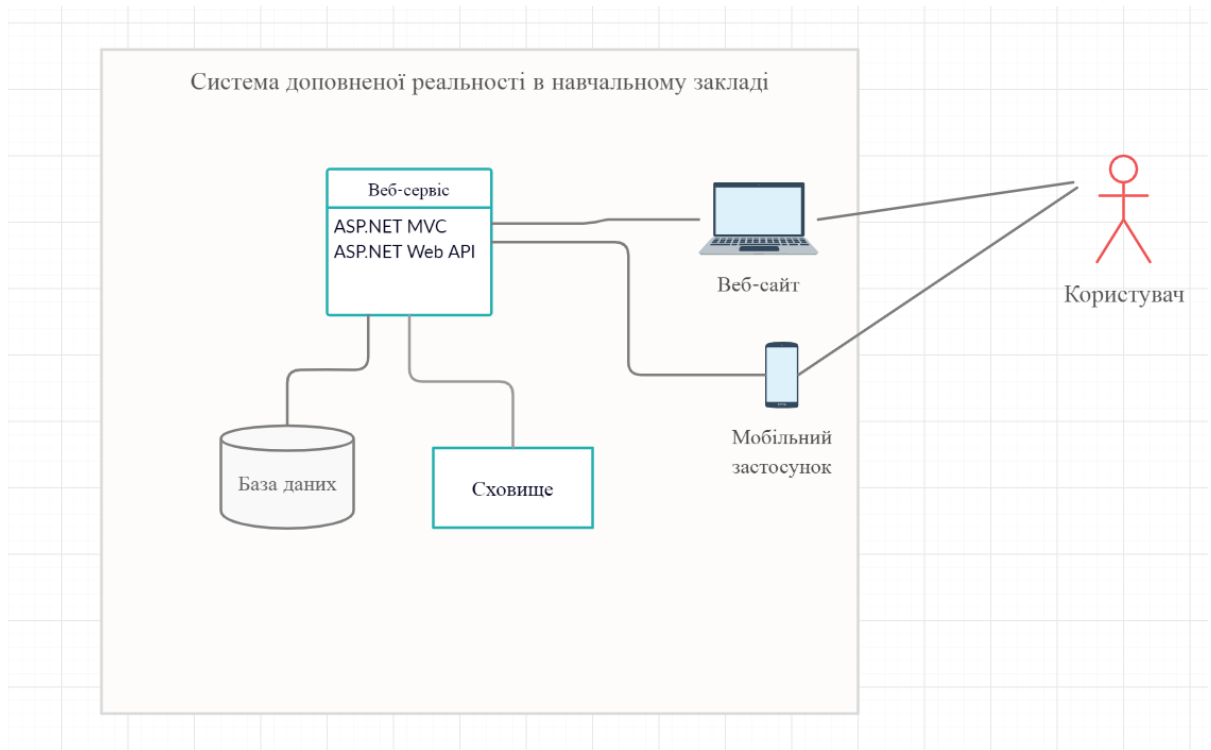


Рисунок 4.1 – Схема взаємозв'язку між компонентами системи

4.2 Функціональні особливості серверної частини

В першу чергу, необхідно визначити ролі для користувачів додатка. Пропонується використання наступних ролей:

- адміністратор – користувач, який має права доступу для додавання 3D-моделей, створення Класів, додавання Викладачів та Студентів, призначення Викладача до Класу, призначення Студента до Класу, додавання 3D-моделей до Класу, створення нових категорій для систематизації 3D-моделей;
- викладач – користувач, який має права доступу для додавання 3D-моделей, додавання 3D-моделей до Класу;
- студент – користувач, який має права доступу до відкритої бібліотеки 3D-моделей та до моделей Класу, до якого він приєднан.

Передбачається, що користувачі не матимуть змоги самостійно зареєструватися в системі, а повинні бути запрошені в систему Адміністратором або Викладачем.

Треба пояснити деякі моменти, пов'язані з переглядом 3D-моделей. Передбачається, що 3D-модель може мати два стани:

- відкрита – та модель, доступ до якої має кожен користувач системи;
- закрита – модель, доступ до якої має лише користувач, який її завантажив, або всі користувачі Класу, до якого додана модель.

Також треба пояснити значення деяких термінів:

- клас – абстрактне поняття, яке об'єднує між собою групу користувачів які мають доступ до певних 3D моделей.

Опишемо деякі сценарії використання системи:

- адміністратор за допомогою форми додавання нових користувачів надсилає запрошення на електронну пошту нового користувача. В формі Адміністратор повинен вказати електронну пошту нового користувача та його роль;

- користувач, отримавши запрошення на електронну пошту, повинен перейти по посиланню. Користувач потрапляє на сторінку реєстрації, де повинен вказати своє ім'я, прізвище та пароль;

- адміністратор за допомогою форми додавання нових 3D-моделей має змогу додати до бази даних нову модель. Адміністратор повинен додати файл 3D-моделі, обрати тип моделі (відкрита чи закрита) та категорії, до яких відноситься модель;

- викладач за допомогою форми додавання нових 3D-моделей має змогу додати до бази даних нову модель. Адміністратор повинен додати файл 3D-моделі, обрати тип моделі (відкрита чи закрита) та категорії, до яких відноситься модель;

- адміністратор за допомогою форми додавання нових Класів має змогу додати до бази даних новий Клас. Адміністратор повинен вказати назву Класу, Викладача Класу. За необхідності при створенні нового Класу Адміністратор може додати до нього Студентів та список 3D-моделей;

- викладач в формі керування Класом може додавати до Класу нових користувачів з списку або ж видаляти користувачів з Класу, додавати чи видаляти 3D-моделі з списку моделей Класу;

– студент за допомогою мобільного додатка може продивлятися всі доступні 3D-моделі в системі а також доступні моделі з Класів, до яких він приєднан.

Більш наочно взаємодія в системі показана на рисунку 4.2.

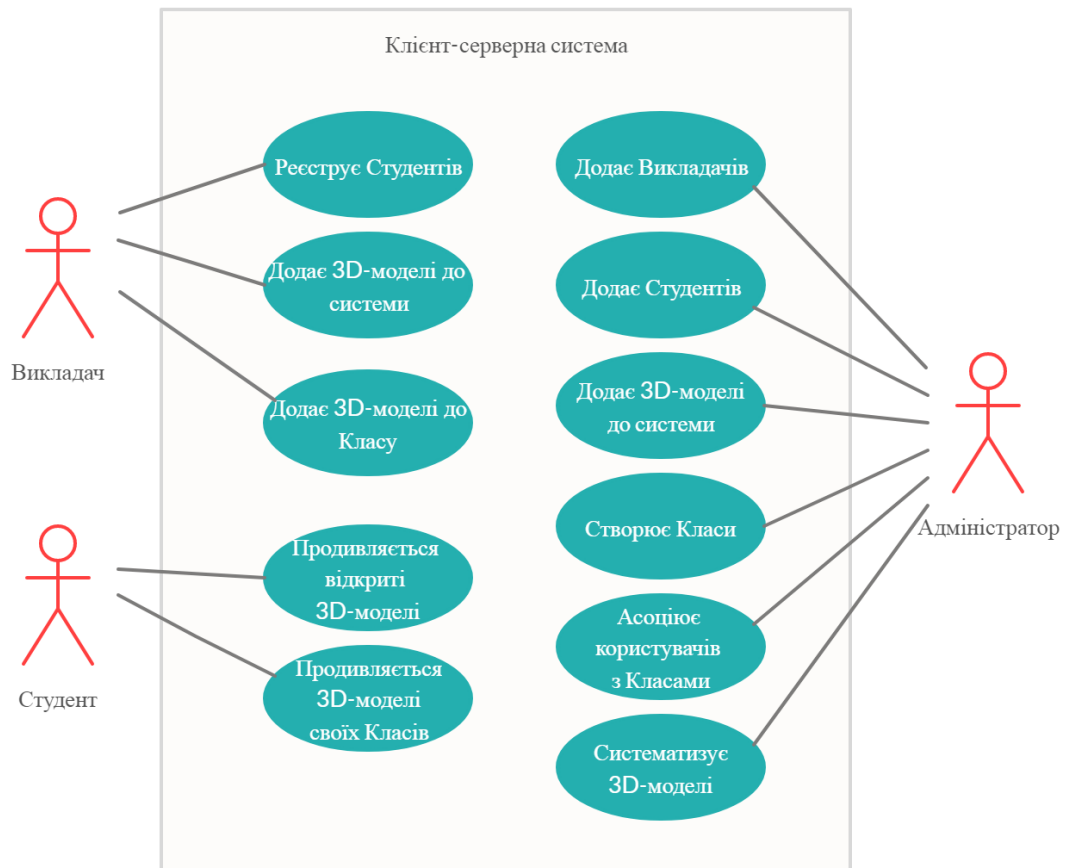


Рисунок 4.2 – Use cases діаграма

Взаємодія з сервером буде відбуватися засобами API. Сервер повинен відповідати всім критеріям REST, тобто бути RESTful сервером.

Критерії REST:

– незалежність від стану (Statelessness). Перший принцип - незалежність від стану. Простіше кажучи, RESTful сервер не повинен відслідковувати, зберігати і тим більше використовувати в роботі поточну контекстну інформацію про клієнта. З іншого боку клієнт повинен взяти цю задачу на себе. Під час обробки клієнтських запитів вважається, що клієнт знаходиться в

перехідному стані. Кожен окремий стан системи представлено зв'язками, які можуть бути задіяні при наступному зверненні клієнта;

- кеширована та багаторівнева архітектура. Другий принцип полягає в наданні клієнту інформації про те, що відповідь сервера може бути кешуватися на певний період часу і використовуватися повторно без нових запитів до сервера;

- клієнт-серверний розподіл і єдиний інтерфейс. RESTful сервер повинен інкапсулювати від клієнта якомога більше деталей своєї реалізації. Клієнту не слід знати про те, яка СУБД використовується на сервері або скільки серверів в даний момент обробляють запити та інші подібні речі. Організація правильного розподілу функцій важлива для масштабування системи;

- REST запити і чотири HTTP метода. Сервер повинен підтримувати наступні методи: GET, POST, PUT, DELETE.

В якості серверної платформи пропонується використання платформи ASP.NET Core від корпорації Microsoft. ASP.NET Core призначена для створення різного роду веб-додатків: від невеликих веб-сайтів до великих веб-порталів і веб-сервісів.

ASP.NET Core може працювати поверх крос-платформного середовища .NET Core, який може бути розгорнут на основних популярних операційних системах: Windows, Mac OS, Linux. Таким чином, за допомогою ASP.NET Core розробники можуть створювати крос-платформні додатки. І хоча Windows як середовище для розробки і розгортання програми досі превалює, але тепер вже нема обмеження тільки на цю операційну систему. Тобто ми можемо запускати веб-додатки не тільки на ОС Windows, але і на Linux і Mac OS. А для розгортання веб-додатка можна використовувати традиційний IIS, або крос-платформний веб-сервер Kestrel.

Завдяки модульності фреймворка всі необхідні компоненти веб-додатка можуть завантажуватися як окремі модулі через пакетний менеджер Nuget. Крім того, на відміну від попередніх версій платформи немає необхідності використовувати бібліотеку System.Web.dll. ASP.NET Core включає в себе

фреймворк MVC, який об'єднує функціональність MVC, Web API і Web Pages. У попередніх версіях платформи дані технології реалізувалися окремо і тому містили багато дублюючої функціональності. Зараз же вони об'єднані в одну програмну модель ASP.NET Core MVC. А Web Forms повністю пішли в минуле.

В системі, що розробляється, планується використання двох підходів – MVC для веб-версії застосунку та WEB API для мобільних пристроїв.

Сам патерн MVC не є якоюсь новою ідеєю в архітектурі програмних застосунків. Він з'явився ще в кінці 1970-х років в компанії Хероx як спосіб організації компонентів в графічних програмних застосунках на мові Smalltalk.

Концепція патерну MVC передбачає поділ застосунка на три компоненти:

– модель: описує використовувані в додатку дані, а також логіку, яка пов'язана безпосередньо з даними, наприклад, логіку валідації даних. Як правило, об'єкти моделей зберігаються в базі даних. В MVC моделі представлені двома основними типами: моделі відображень, які використовуються відображеннями для відображення і передачі даних, і моделі домену, які описують логіку управління даними. Модель може містити дані, зберігати логіку управління цими даними. У той же час модель не повинна містити логіку взаємодії з користувачем і не має визначати механізм обробки запиту. Крім того, модель не повинна містити логіку відображення даних в відображенні;

– відображення: відповідає за візуальну частину або призначений для користувача інтерфейс, як правило, html-сторінка, через яку користувач взаємодіє з застосунком. Також відображення може містити логіку, пов'язану з відображенням даних. У той же час відображення не повинно містити логіку обробки запиту користувача або управління даними;

– контролер: представляє центральний компонент MVC, який забезпечує зв'язок між користувачем та програмним застосунком, відображенням та

сховищем даних. Він містить логіку обробки запиту користувача. Контролер отримує дані від користувача і обробляє їх. В залежності від результатів обробки відправляє користувачеві певний висновок, наприклад, у вигляді відображення, наповненого даними моделей.

Взаємодія між компонентами MVC представлена на рисунку 4.3.

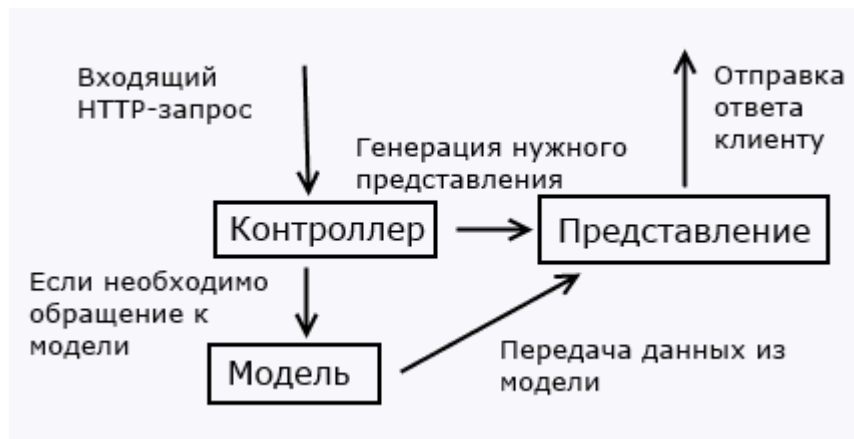


Рисунок 4.3 – Взаємодія компонентів MVC

Web API представляє спосіб побудови програми ASP.NET, який передбачає роботу в стилі REST (Representation State Transfer або "передача стану відображення"). REST-архітектура передбачає застосування таких методів або типів запитів HTTP для взаємодії з сервером:

- get;
- post;
- put;
- delete.

По суті Web API представляє собою веб-службу, до якої можуть звертатися інші застосунки. Причому ці застосунки можуть представляти будь-яку технологію і платформу - це можуть бути веб-додатки, мобільні або стаціонарні клієнти.

В таблиці 4.1 наведені доступні в застосунку маршрути:

Таблиця 4.1 – Список маршрутів в веб частині програмного застосунку

/	Головна сторінка застосунку
/login	Сторінка авторизації
/signup	Сторінка реєстрації
/models	Сторінка для доступу до списку моделей, то його редагування
/models/{id}	Сторінка з інформацією про модель
/classes	Сторінка зі списком Класів, то можливістю редагування
/classes/{id}	Сторінка з інформацією про Клас
/users	Сторінка за списком користувачів з можливістю редагування
/users/{id}	Сторінка з інформацією про користувача
/api/v1/login	API для авторизації
/api/v1/models	API для доступу до списку моделей
/api/v1/models/{id}	API для доступу до певної моделі
/api/v1/classes	API для доступу до списку Класів
/api/v1/classes/{id}	API для доступу до певного Класу
/api/v1/users	API для доступу до списку користувачів
/api/v1/users/{id}	API для доступу до інформації про певного користувача

Програмний застосунок, що розробляється, повинен бути легко масштабованим. Реалізація веб частини може бути як окремим веб-сервісом, так і частиною існуючого кібер-простіру університету, наприклад як частина системи дистанційного навчання.

4.3 Функціональні особливості мобільної частини системи

Для реалізації мобільної частини програмного застосунку було обрано ігровий рушій Unity. Unity пропонує потужні інструменти для розробки насичених і цікавих AR-додатків з інтелектуальною взаємодією інтерфейсу і реального світу. Обираючи Unity в якості платформи для застосунка, що реалізується, ми отримуємо наступні переваги:

- кросплатформеність - Unity дозволяє з однієї кодової бази переносити проект на більш ніж 20 платформ з мінімальними змінами;
- програмування на C # з підтримкою .net 4+;
- компонентно-орієнтований підхід до розробки, що дозволяє працювати в Unity не тільки програмістам;
- наявність вбудованих програмних засобів для розробки і діагностики (Profiler, Test Runner);
- можливість доповнення редактору;
- підтримка безлічі вбудованих сервісів (Unity Ads, Unity Analytics).

Але найбільш важливо перевага Unity це підтримка обох сучасних бібліотек для роботи з доповненою реальністю: ARKit та ARCore. В таблиці 4.2 наведена їх порівняльна характеристика.

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика ARKit та ARCore

	ARKit	ARCore
Відстеження положення пристрою	Розпізнає та відстежує положення пристрою в просторі	Розпізнає та відстежує положення пристрою в просторі
Розпізнавання поверхонь	Горизонтальні	Горизонтальні
	Вертикальні	Вертикальні
Робота з освітленням	Оцінка освітленості	Оцінка освітленості
	Інтенсивність	Інтенсивність
	Напрявленя	Напрявленя

		Температура	Температура
		Відображення навколишнього середовища від віртуальних об'єктів (reflection probe)	-
		-	Колір
Робота з звуком		Просторовий звук	-
		Запис звуку AR-сесії	-
Робота з 3D-моделями		Підтримка імпортованої анімації	Підтримка імпортованої анімації
Розпізнавання об'єктів	2D	Статичні зображення	Статичні зображення
		Рухомі зображення	-
		Розпізнавання тексту	-
		Розпізнавання штрихкода	-
Розпізнавання об'єктів	3D	Сканування та розпізнання статичних 3D об'єктів	-
		Розпізнавання реальних об'єктів на основі добірки зображень	-
Розпізнання обличчя		Міміка та геометрія обличчя	-
		Положення язика	-
		Відстеження погляду	-
		Інтенсивність, температура на	-

	напрямок світла на обличчі	
	-	Відстеження усього обличчя
	-	Відстеження кінчика носу
	-	Відстеження центру голови
	-	Визначення положення лівої та правої сторони обличчя
Багатокористувацький режим	Для iOS пристроїв	Для iOS пристроїв
	-	Для Android пристроїв

Unity співпрацює як з компанією Apple, так і з компанією Google. Це співробітництво дає користувачам змогу працювати з ARKit та ARCore в Unity не чекаючи на вихід спеціального пакету для розробки. Як правило, при виході нової версії фреймворку, він поставляється також зі спеціальним пакетом для Unity.

Окрім того, що Unity дозволяє напряму працювати з ARKit та ARCore, користувач також має доступ обох фреймворків через фреймворк Unity AR Foundation. Unity AR Foundation спрощує створення платформи для AR-проектів, дає можливість вибрати функції, що включаються в застосунки, і забезпечує гнучкість розробки і подальшого видання програмног застосунку як для пристроїв з підтримкою ARKit, так і з підтримкою ARCore.

AR Foundation перетворює низькорівневі API ARKit і ARCore в зрозумілу платформу з додатковими інструментами, розробленими під потреби розробників AR-контенту. Це рішення забезпечує загальний API, що підтримує базові функції ARCore, ARKit, а також майбутні платформи, що дозволяє розробляти програмні застосунки для видання на будь-яких

пристроях, не втрачаючи можливості використовувати особливі функції платформи. Тобто, якщо при розробці програмного застосунку використовувати AR Foundation, то програмний застосунок зможе працювати на пристроях з підтримкою ARKit або ARCore з єдиної кодової бази.

На сьогоднішній день AR Foundation підтримує наступні специфічні до платформи функції (для iOS та Android):

- розпізнання горизонтальних та вертикальних площин;
- розпізнання характерних точок;
- розрахунок освітлення;
- розпізнання колізій (розпізнання натискання на характерну точку або площину);
- визначення орієнтації пристрою в просторі;
- розпізнання обличчя;
- доступ до API камери пристрою.

Мобільна версія застосунка, що розробляється, повинна підтримувати наступні функції:

- авторизація користувача;
- перегляд локально збережених моделей;
- перегляд доступних моделей на веб-сервері;
- перегляд моделей в доступних Класах;
- перегляд інформації про певну модель;
- вибір моделі для роботи.

Передбачається наступний сценарій роботи мобільного застосунку:

а) застосунок перевіряє, чи підтримує мобільний пристрій використання ARKit чи ARCore. Якщо ні – то повідомляємо про це користувача та закриваємо застосунок;

б) користувач авторизується в мобільному застосунку за допомогою електронної адреси та пароля;

в) користувач потрапляє на головний екран застосунка, на якому відображається зображення з камери;

г) за допомогою меню вибору моделі для відображення користувач обирає модель для розташування в просторі;

д) за допомоги кнопок користувач може змінювати розмір моделі та обертати її;

е) за допомогою бічного меню користувач має змогу потрапляти в наступні секції застосунку:

- 1) перегляд всіх моделей;
- 2) перегляд локальних моделей;
- 3) перегляд інформації про певну модель;
- 4) перегляд доступних Класів;
- 5) перегляд доступних моделей в Класі;
- 6) налаштування;

е) користувач може переглядати доступні на веб-сервері моделі в секції «Усі моделі»;

ж) користувач може переглядати доступні на пристрої моделі в секції «Мої моделі»;

з) користувач може переглядати доступні Класи в секції «Мої класи»;

и) Користувач може переглядати доступні в Класі моделі в секції «Інформація»;

і) користувач може переглянути інформацію про певну модель в секції «Інформація про модель»;

ї) користувач може переглядати інформацію про свою облікову запис в секції «Налаштування».

Для забезпечення гнучкості та масштабованості розроблюваного застосунка буде застосовано принцип MVC – для будування взаємодії частин застосунку. Весь програмний код застосунку повинен відповідати принципам SOLID.

Принципи SOLID:

– принцип єдиного обов'язку. Кожен об'єкт має виконувати лише один обов'язок;

– принцип відкритості-закритості. Програмні сутності повинні бути відкритими для розширення, але закритими для змін. Розширення певного класу/інтерфейсу може здійснюватися через його успадкування;

– принцип підстановки Лісков (Liskov substitution principle). Об'єкти в програмі можуть бути замінені їх нащадками без зміни коду програми;

– принцип розділення інтерфейсу (Interface segregation principle). Багато спеціалізованих інтерфейсів краще за один універсальний. Інтерфейс може бути поділений на спеціалізовані ще на стадії проектування, заради майбутньої гнучкості програмних компонентів;

– принцип інверсії залежностей (Dependency inversion principle). Залежності всередині системи будуються на основі абстракцій, що не повинні залежати від деталей; навпаки, деталі мають залежати від абстракцій. Модулі вищих рівнів не мають залежати від модулів нижчих рівнів.

В лістингу 4.1 наведено приклад коду для інтерфейсу для доступу до списку моделей.

Лістинг 4.1 – Програмний інтерфейс для доступу до списку моделей

```
using System.Collections.Generic;
using System.Threading.Tasks;
using AASTudio.Diploma.Args;
using AASTudio.Diploma.Models;

namespace AASTudio.Diploma.Services.Interfaces
{
    public interface IAssetService
    {
        Task<TypedEventArgs<List<AssetModel>>> GetAssetModels();
    }
}
```

В даному програмному застосунку не передбачається імплементація взаємодії з веб-сервером для отримання моделей, тому реалізація інтерфейсу з лістинга 4.1 буде виглядати наступним чином:

Лістинг 4.2 – Реалізація інтерфейсу доступу до списку моделей

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Threading.Tasks;
using AASTudio.Diploma.Args;
using AASTudio.Diploma.Models;
using AASTudio.Diploma.ScriptableObjects;
using AASTudio.Diploma.Services.Interfaces;

namespace AASTudio.Diploma.Services
{
    public class LocalAssetService : IAssetService
    {
        private AssetModelsData _data;
        public LocalAssetService(AssetModelsData data)
        {
            _data = data;
        }

        public async Task<TypedEventArgs<List<AssetModel>>>
GetAssetModels()
        {
            var res = new List<AssetModel>();
            Exception error = null;
            if (_data == null)
            {
                error = new Exception("Null data");
            }
            else
            {
                foreach (var m in _data.Models)
                {
                    res.Add(m.ToAssetModel());
                }
            }

            return new TypedEventArgs<List<AssetModel>>(res, error,
false);
        }
    }
}

```

Для візуального обрамлення програмного застосунка буде використано фірмовий стиль Харківського Національного Університету Радіоелектроніки. Це дозволить зробити застосунок впізнаваним серед інших, та дозволить додати застосунок до інших програмних застосунків Університету. В якості назви для застосунка було обрано назву: «NURE-AR».

В якості основного кольору застосунка використовується основний колір ХНУРЕ (рисунок 4.4).

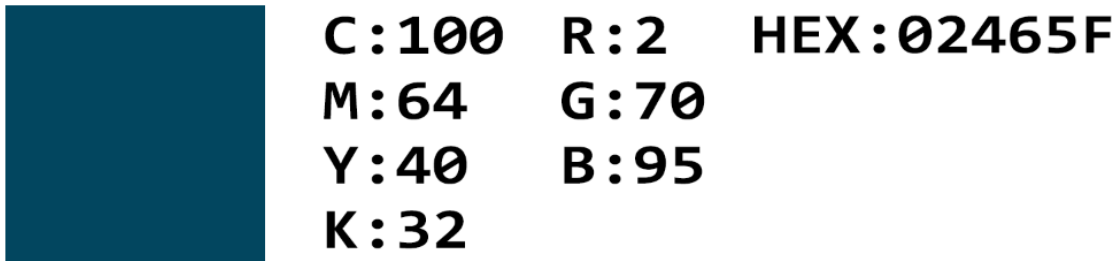


Рисунок 4.4 – Основний колір фірмового стилю ХНУРЕ

Робота користувача з програмним застосунком починається зі сторінки авторизації. На ній користувач повинен ввести свої дані для авторизації в системі (електронну пошту та пароль). На рисунку 4.5 зображено зовнішній вигляд сторінки авторизації.

XHURE - AR

Авторизація:

Електронна пошта:

Пароль:

Увійти

Рисунок 4.5 – Зовнішній вигляд сторінки авторизації

Сторінка авторизації складається з двох полів для вводу електронної адреси та пароля та кнопки авторизації. В лістингу 4.3 буде відображено код view-елемента для сторінки авторизації.

Лістинг 4.3 – View-компонент сторінки авторизації

```
using System;
using AASTudio.Diploma.Args;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

namespace AASTudio.Diploma.Views
{
    public class LoginSceneView : MonoBehaviour
    {
        #region data

        [SerializeField] private Button _loginBtn;
        [SerializeField] private InputField _emailInput;
        [SerializeField] private InputField _passwordInput;

        #endregion

        #region interface

        public event EventHandler<LoginEventArgs> OnLoginBtnClicked;

        #endregion

        #region implementation

        private void Start()
        {
            _loginBtn.onClick.RemoveAllListeners();
            _loginBtn.onClick.AddListener(OnLoginBtnClick);
        }

        private void OnLoginBtnClick()
        {
            OnLoginBtnClicked?.Invoke(this, new
LoginEventArgs(_emailInput.text, _passwordInput.text));
        }

        #endregion

    }
}
```

При нажаті на кнопку входу буде визвано подію, аргументами якої буде електронна пошта та пароль користувача. В свою чергу, контролер сторінки авторизації підписується на подію нажаття кнопки входу та обробляє його.

Після авторизації користувач потрапляє на головну сторінку застосунку (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Головна сторінка застосунку

Саме на цій сторінці відображається AR-моделі. Більшу частину сторінки займає текстура, в яку транслюється зображення з камери пристрою. В розробляемому програмному застосунку користувач не матиме змоги впливати на зображення з камери та фокусування. Пристрій буде сам регулювати фокус та баланс білого в камері. Пропонуються наступні сценарії роботи користувача з застосунком:

–по замовчанню для роботи обрана перша модель з списку моделей реалізації інтерфейсу `IAssetService`;

– для розміщення моделі в просторі користувач повинен відсканувати площину (навести на бажане місце розташування камеру пристрою) та натиснути на екран пристрою;

– модель буде розміщено в обраному користувачем місці. При пересуванні користувача розміщені моделі будуть зберігати своє розташування та свій розмір відносно положення користувача;

– користувач може розмістити декілька моделей. Для цього необхідно обрати модель зі списку моделей (рисунок 4.7) та інстанціювати модель в просторі;

– для відкриття або закриття меню вибору моделей користувач повинен використовувати кнопку «Меню моделей» в лівому нижньому куті екрану

– для видалення всіх моделей зі сцени користувач повинен натиснути на кнопку «Видалити» у нижньому правому куті екрану;

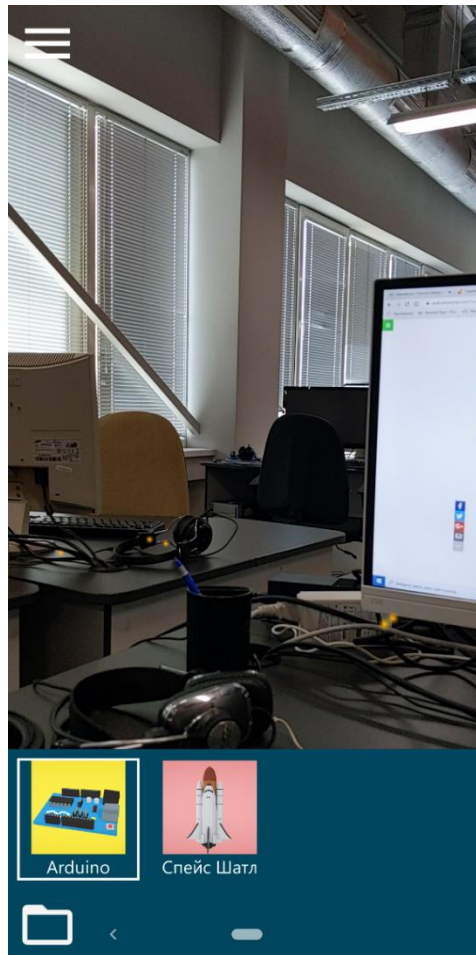


Рисунок 4.7 – Меню вибору моделі для розташування в просторі

Кнопка меню, що знаходиться у лівому верхньому куті, відкриває меню навігації по програмному застосунку (рисунок 4.8).

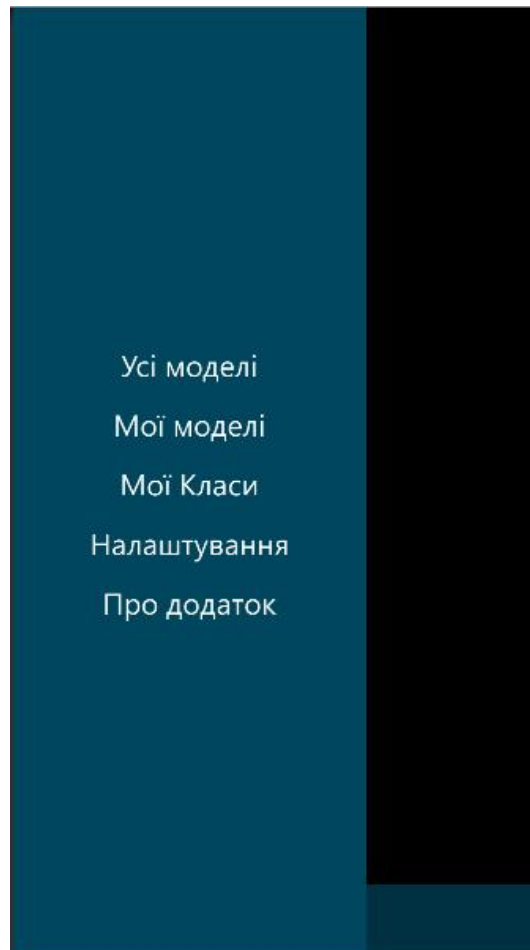


Рисунок 4.8 – Бічне меню

Меню представляє собою стандартний для мобільних застосунків Navigation-Drawer. Меню складається з 5 кнопок, які ведуть на певні сторінки в програмному застосунку:

- кнопка «Усі моделі» показує список усіх доступних моделей на веб-сервері. На даний час в застосунку не працює;

- кнопка «Мої моделі» показує список моделей, які доступні на пристрої. При наявності веб-сервера користувач може завантажити будь-які цікаві моделі та використовувати їх локально;

- кнопка «Мої Класи» веде на сторінку перегляду доступних Класів та їх моделей. На даний час в застосунку не працює;

– кнопка «Налаштування» веде на сторінку з налаштуваннями для додатка;

– кнопка «Про додаток» веде на сторінку з інформацією про додаток.

В лістингу 4.4 наведено код, який відповідає на меню.

Лістинг 4.4 – Програмний код бічного меню

```
using System;
using AASTudio.Diploma.Args;
using AASTudio.Diploma.Enums;
using AASTudio.Diploma.Services;
using UnityEngine;
using UnityEngine.EventSystems;
using UnityEngine.UI;

public class NavigationDrawerView : MonoBehaviour
{
    #region data

    [SerializeField] private Button _closeNavigationDrawerBtn;
    [SerializeField] private Button _allModelsBtn;
    [SerializeField] private Button _myModelsBtn;
    [SerializeField] private Button _myClassesBtn;
    [SerializeField] private Button _settingsBtn;
    [SerializeField] private Button _aboutBtn;
    [SerializeField] private Animator _animator;

    #endregion

    #region interface

    public event EventHandler<TypedEventArgs<NavigationDrawerButton>>
    OnNavigationDrawerButtonClicked;

    public void Show()
    {
        _animator.SetBool(AppConstants.AnimationNames.Show, true);
    }

    public void Hide()
    {
        _animator.SetBool(AppConstants.AnimationNames.Hide, true);
    }

    #endregion

    #region implementation

    private void Start()
    {
        BindButton(_allModelsBtn,
NavigationDrawerButton.AllModels);
        BindButton(_myModelsBtn, NavigationDrawerButton.MyModels);
        BindButton(_myClassesBtn,
NavigationDrawerButton.MyClasses);
        BindButton(_settingsBtn, NavigationDrawerButton.Settings);
        BindButton(_aboutBtn, NavigationDrawerButton.About);
    }
}
```



```

        _closeNavigationDrawerBtn.onClick.RemoveAllListeners();
        _closeNavigationDrawerBtn.onClick.AddListener(Hide);
    }

    private void BindButton(Button btn, NavigationDrawerButton type)
    {
        btn.onClick.RemoveAllListeners();
        btn.onClick.AddListener(() =>
        {
            OnNavigationDrawerButtonClicked?.Invoke(this, new
TypedEventArgs<NavigationDrawerButton>(type));
        });
    }

    #endregion
}

```

В наведеному кодї визначаються 6 кнопок та один аніматор. 5 кнопок відповідають за навігацію по програмному застосунку, 1 кнопка відповідає за закриття бічного меню. Аніматор використовується для програвання анімації відкривання-закривання. Для зв'язку кнопки з дією, яку вона повинна виконувати відповідає метод `BindButton(Button btn, NavigationDrawerButton type)`. В якості параметрів очікується кнопка `UnityEngine.UI.Button` – стандартна реалізація кнопки в Unity та `NavigationDrawerButton` – enum, який представляє собою тип кнопки. При нажаті на будь-яку кнопку меню буде визвано подію `OnNavigationDrawerButtonClicked`, в аргументах якої буде тип нажатої кнопки.

Клас має 2 публічних методи:

- `Show()` – для відкриття бічного меню;
- `Hide()` – для закриття бічного меню.

Сторінка налаштувань (рисунок 4.9) відображає інформацію про користувача (ім'я та прізвище, роль) та інформацію про плагін доповненої реальності, що використовується. Для виходу з свого облікового запису користувачу необхідно нажати на кнопку «Вийти».

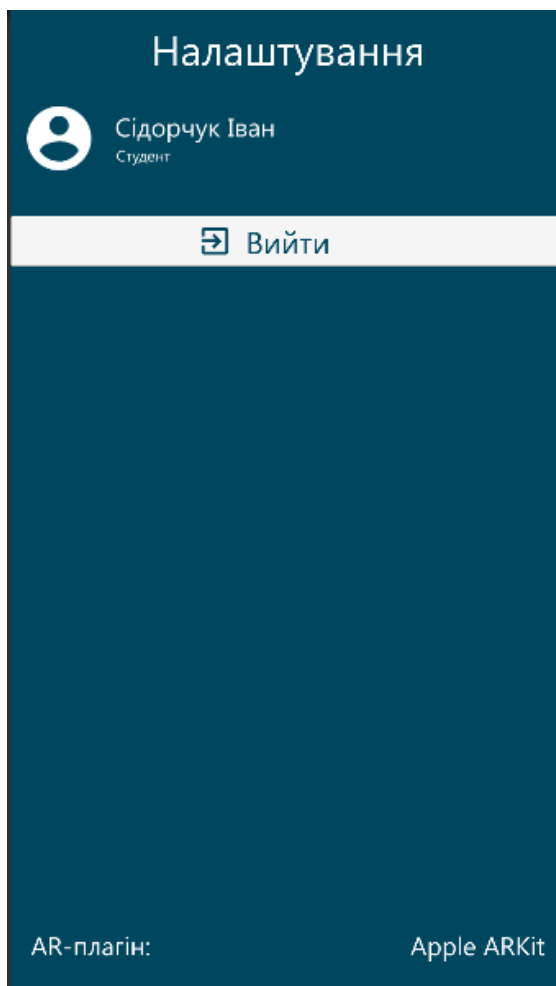


Рисунок 4.9 – Сторінка налаштувань

Сторінка для перегляду локальних моделей (рисунок 4.10) відображає список доступних моделей на пристрої у вигляді окремих елементів у вигляді плиток, які у мобільній розробці називаються GridView. За ініціалізацію списку моделей відповідає реалізація інтерфейсу `IAssetService`, `LocalAssetService` яка наведена у лістингу 4.2. Кожний елемент складається з:

- назви моделі;
- графічного зображення моделі;
- кнопки переходу на сторінку з детальною інформацією про модель.

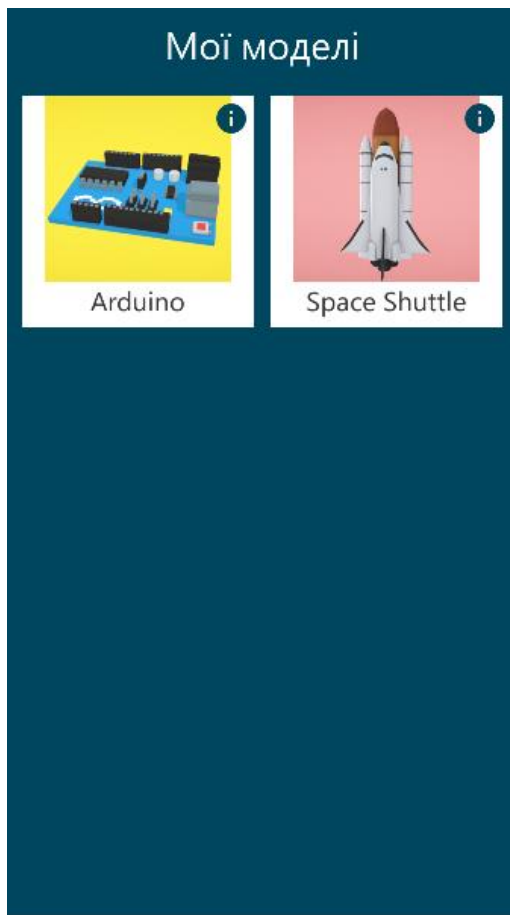


Рисунок 4.10 – Сторінка з інформацією про моделі на пристрої

Коли користувач заходить на сторінку детальної інформації про модель (рисунок 4.11), він може дізнатися назву моделі, побачити детальне зображення моделі на рисунку, дізнатися детальну інформацію про модель та інформацію про автора моделі.



Рисунок 4.11 – Сторінка інформації про модель

Необхідною функцією будь-якого програмного застосунка є отримання зворотнього зв'язку з користувачем та представлення користувачу необхідної інформації про застосунок. В застосунку, що розробляється, за це відповідає сторінка «Про додаток» (рисунок 4.12). На сторінці наведено кратку інформацію про програмний застосунок, посилання на офіційні веб-сайти Харківського Національного Університету Радіоелектроніки та кафедри Автоматизації Проектування Обчислювальної Техніки, вказано наукового керівника роботи та розробника застосунку.

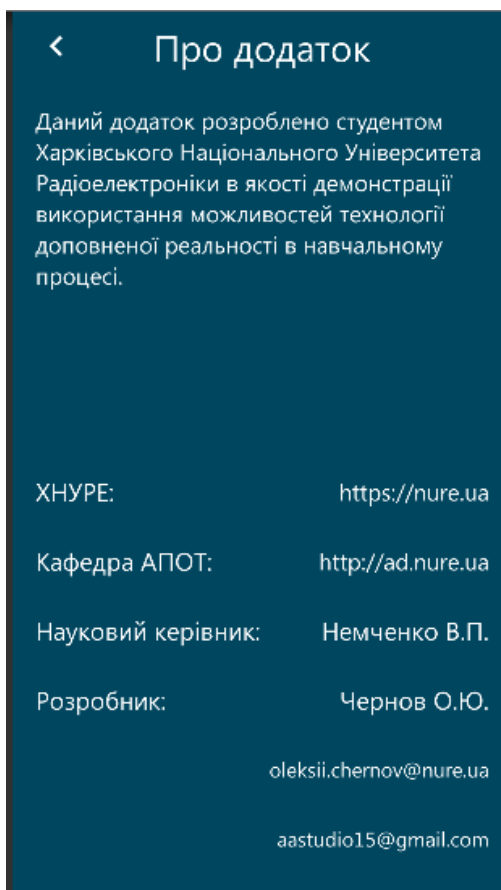


Рисунок 4.12 – Сторінка з інформацією про програмний застосунок

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день технології доповненої реальності вирішують та будуть вирішувати задачі в багатьох сферах людської діяльності. Причому, для вирішення деяких задач технології доповненої реальності є унікальною технологією. Не дивлячись на те, що ці технології тільки починають розвиватися, нема сумніву в їх ефективності та набуття ними широкого розповсюдження в найближчому майбутньому. Майже в кожній сфері діяльності існують певні специфічні проблеми впровадження як технічного, так і соціального характеру. Ще декілька років тому технології доповненої реальності мали високу ціна на впровадження, але за останні кілька років завдяки зусиллям компаній Apple та Google технологія доповненої реальності з'явилася в кожному новому мобільному пристрої та стала доступна широкому кругу користувачів та розробників.

Сьогодні в реальності масового освітнього процесу уявити собі використання технології доповненої реальності досить важко, але останнім часом технологія доповненої реальності знаходить застосування в освітній діяльності в значно більших об'ємах, ніж декілька років тому. При використанні доповненої реальності учні можуть управляти об'єктами доповненої реальності, переміщати їх, повертати, змінювати масштаб, розглядати з різних сторін - це дає великий імпульс до розвитку просторового мислення, дозволяє сприйняти досліджуваний предмет повніше і глибше, підвищуючи рівень пізнання. За рахунок того, що візуальна або аудіальна інформація подається синхронно з тим, що відбувається в реальності, створюється повне занурення в інформаційну ситуацію і активізується її сприйняття. Учні можуть з рівною мірою достовірності сприйняття побачити у всіх подробицях відомі музейні експонати, розгледіти тригонометричні об'єкти і провести хімічні досліди, які в реальних умовах зробити досить проблематично.

Інтеграція використання доповненої реальності в навчальний процес створює нові і більш результативні способи навчання в університетах, школах, спільнотах і на робочих місцях. Застосунки з доповненою реальністю не обов'язково повинні бути орієнтовані на освіту як освітні інструменти, їх головне завдання зацікавити учня предметом, дати йому мотивацію до навчання. Студенти повинні вчитися на практиці, і за допомогою навчальних застосунків з доповненою реальністю вони можуть це робити, не виходячи з навчальної аудиторії. Тому доповнена реальність змінює зовнішній вигляд навчальної програми в навчальних закладах і з цим треба рахуватися. Аналізуючи сучасну ситуацію з впровадженням доповненої реальності в українську систему освіти, варто відзначити, що зараз, на жаль, немає чіткого руху в цьому напрямку і конкретних програм, що дозволяють впроваджувати технології доповненої реальності на місцях навчання.

В ході написання магістерської роботи було проаналізовано поточний стан навчальних розробок з застосуванням доповненої реальності та їх інтеграція в навчальний процес. Було розроблено мобільний додаток з застосуванням технологій доповненої реальності, який може використовуватися як прототип для більш великих та змістовних програмних застосунків для навчальних закладів.

Багато фахівців в області інформаційних технологій сходяться на думці, що майбутнє доповненої реальності в різних сферах нашого життя має досить потужні перспективи, а технології доповненої реальності в освіті рано чи пізно виведуть нашу систему освіти на якісно новий рівень. Можна впевнено припустити, що в майбутньому буде розроблена ефективна методологія застосування новітніх розробок в сфері доповненої, віртуальної та змішаної реальності в освіті, яка буде відповідати всім вимогам, пред'явленим освітньою спільнотою.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Steve Aukstakalnis. Practical augmented reality [Текст] / S. Aukstakalnis. – Addison-Wesley Professional, 2016. – 489 с.
2. Bruno Araldi. Virtual reality and augmented reality. Myths and realities [Текст] / P. Guitton. – ISTE LTD, 2018. – 375 с.
3. Erin Pangilian. Creating Augmented & Virtual Realities [Текст] / S.Lukas. – O`REILLY, 2019. – 371 с.
4. Paul Mealy. Virtual & Augmented Reality [Текст] / P.Mealy. –John Willey & Sons, Inc, 2018. – 347 с.
5. Dieter Schmalstieg, Tobias Höllerer. Augmented reality: Principles and Practice [Текст] / D. Schmalstieg. – Addison-Wesley, 2015. – 473 с.
6. Sean Morey, John Tinnell. Augmented Reality: Innovative Perspectives across Art, Industry, and Academia [Текст] / S. Morey. –Parlor Press, 2016. – 368 с.
7. Xiang Zhang, Stephan Franz, Nassir Navab. Visual marker detection and decoding in AR systems: a comparative study [Текст] / Xiang Zhang. –IEEE, 2003.
8. Adaptive Thresholding [Електронний ресурс] / homepages.inf.ed.ac.uk – Режим доступу: [www / URL: http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/adpthrsh.htm](http://www.homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/adpthrsh.htm) – 04.11.2018г. – Загл. з екрану.
9. Apple ARKit [Електронний ресурс] / developer.apple.com/documentation/arkit – Режим доступу: [www / URL: https://developer.apple.com/documentation/arkit](https://developer.apple.com/documentation/arkit) – 14.11.2019г. – Загл. з екрану.
10. Google ARCore [Електронний ресурс] / developers.google.com/ar/reference – Режим доступу: [www / URL: https://developers.google.com/ar/reference](https://developers.google.com/ar/reference) – 10.11.2019г. – Загл. з екрану.

11. Технологии AR и VR в образовании [Электронный ресурс] / habr.com/ru/company/mailru/blog/435996/ – Режим доступа: [www / URL:](http://www/) <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/435996/> – 15.11.2019г. – Загл. з екрану.
12. Технологія доповненої реальності в підручниках нового покоління [Електронний ресурс] / lib.iitta.gov.ua/716685/1/9c8b6a35b1ea5b7130c1ae9942824e97.pdf – Режим доступа: [www / URL:](http://www/) <http://lib.iitta.gov.ua/716685/1/9c8b6a35b1ea5b7130c1ae9942824e97.pdf> – 19.11.2019г. – Загл. з екрану.
13. Віртуальна та доповнена реальність: як нові технології надихають вчитися [Електронний ресурс] / osvitoria.media/opinions/virtualna-ta-dopovnena-realnist-yako-yu-mozhe-but-y-suchasna-osvita/ – Режим доступа: [www / URL:](http://www/) <https://osvitoria.media/opinions/virtualna-ta-dopovnena-realnist-yako-yu-mozhe-but-y-suchasna-osvita/> – 20.11.2019г. – Загл. з екрану.