

Міністерство освіти і науки України  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»  
Кафедра мультимедійних систем факультету інформатики



**Використання доповненої реальності в електронній комерції**

**Текстова частина до кваліфікаційної роботи  
за спеціальністю «Інженерія програмного забезпечення» – 121**

Керівник кваліфікаційної роботи  
доцент, канд. фіз-мат.наук  
Афонін Андрій Олександрович

\_\_\_\_\_ (підпис)  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

Виконала студентка  
Красюкова Кристина Олександрівна  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

Міністерство освіти і науки України  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»  
Кафедра мультимедійних систем факультету інформатики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри мультимедійних систем,

доцент., к. ф.-м. н.

\_\_\_\_\_ О.П.Жежерун

(підпис)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

студентці 4-го курсу, факультету інформатики Красюковій Кристині  
Олександрівні

Тема: **Використання доповненої реальності в електронній комерції**

Зміст ТЧ до кваліфікаційної роботи:

Індивідуальне завдання

Календарний план

Зміст

Анотація

Вступ

Розділ 1

Розділ 2

Розділ 3

Висновки

Список ілюстрацій

Список літератури

Додатки

Дата видачі „\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 р. Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання отримав \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Тема:** Використання доповненої реальності в електронній комерції

**Календарний план виконання кваліфікаційної роботи:**

№ п/п	Назва етапу дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапу	Примітка
1.	Отримання завдання на дипломну роботу.	14.07.2022	
2.	Огляд технічної літератури за темою роботи.	01.12.2022	
3.	Аналіз предметної області.	22.01.2023 – 20.02.2023	
4.	Аналіз доповненої реальності.	22.02.2023 – 02.03.2023	
5.	Розробка дизайну додатка.	02.03.2023 – 04.03.2023	
6.	Розробка застосунку.	05.03.2023 – 01.05.2023	
7.	Написання теоретичної роботи.	20.03.2023 – 08.05.2023	
8.	Створення слайдів для доповіді та написання доповіді.	08.05.2023 – 09.05.2023	
9.	Аналіз отриманих результатів з керівником та корегування роботи за результатами попереднього захисту.	12.05.2023 – 20.05.2023	
10.	Подання роботи для перевірки на плагіат.	24.05.2023	
11.	Захист дипломної роботи	31.05.2023 – 02.06.2023	

Студентка Красюкова К.О.

Керівник Афонін А.О.

“ \_\_\_\_\_ ”

## ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

**AR – Augmented Reality** – доповнена реальність.

**VR – Virtual Reality** – віртуальна реальність.

**MR – Mixed Reality** – змішана реальність.

**Імерсивний досвід** – занурення користувача у віртуальний світ.

**Рендеринг** – створення контенту на основі тривимірних даних.

**UI-дизайн** – інтерфейс користувача.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>4</b>
<b>АНОТАЦІЯ.....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>1 РОЗДІЛ: Технологія доповненої реальності.....</b>	<b>10</b>
1.1 Розвиток доповненої реальності.....	10
1.2 Доповнена, віртуальна та змішана реальності. Порівняння технологій.....	12
1.3 Види доповненої реальності.....	14
1.4 Засоби для реалізації доповненої реальності.....	16
1.4.1 AR SDKs – це?.....	16
1.4.2 ARCore.....	17
1.4.3 ARKit.....	18
1.4.4 Vuforia.....	20
<b>2 РОЗДІЛ: AR в електронній комерції.....</b>	<b>21</b>
2.1 Переваги впровадження AR в електронну комерцію.....	21
2.2 AR-додатки.....	22
2.3 Приклади застосування AR в електронній комерції.....	24
<b>3 РОЗДІЛ: Розробка AR-додатку для електронної комерції.....</b>	<b>29</b>
3.1 Опис додатку.....	29
3.2 Функціональні, нефункціональні та системні вимоги.....	29
3.3 Створення UI-дизайну застосунку та 3D моделей.....	30
3.3.1 UI-дизайн.....	30
3.3.2 3D моделі.....	33
3.4 Структура додатку.....	34
3.5 Стек технологій.....	35
3.6 Реалізація додатку.....	36
3.6.1 Розпізнавання площин. Створення віртуального маркера.....	38
3.6.2 Встановлення 3D-моделей.....	39
3.6.3 Створення каталогу з товарами.....	39

3.6.4	Переміщення об'єктів по площині.....	40
3.6.5	Обертання та видалення об'єктів .....	41
3.7	Результати розробки.....	41
3.7.1	Інструкція користувача .....	42
3.8	Проблеми та їх вирішення .....	44
	<b>Висновки .....</b>	<b>47</b>
	<b>Список ілюстрацій .....</b>	<b>49</b>
	<b>Список використаної літератури.....</b>	<b>50</b>

## АНОТАЦІЯ

Мета даної роботи полягає у дослідженні та аналізі технології візуалізації об'єктів у реальному світі - доповненої реальності (AR) та висвітленні її переваг у реалізації застосунків для електронної комерції.

В процесі дослідження будуть розглянуті технології доповненої реальності та електронної комерції, а саме їх поточний стан, розвиток та потенційні тенденції. Проведемо комплексний огляд літератури, щоб визначити переваги та проблеми використання AR в електронній комерції.

На основі результатів досліджень і проведеного аналізу розробимо застосунок для електронної комерції на основі AR. Даний додаток дозволить клієнтам приміряти доступні товари у середовищі доповненої реальності, що дозволить звізуалізувати, як виглядатимуть обрані об'єкти у їхньому власному середовищі, перш ніж зробити покупку.

Зокрема, власники комерційних онлайн платформ зможуть збільшити прибуток та залучити більше клієнтів до свого бізнесу, тоді як у потенційних покупців значно знизиться страх отримати негативний досвід купівлі, адже значно зменшиться ризик, що обраний товар не буде відповідати очікуванням.

## ВСТУП

**Актуальність теми:** тема «Використання доповненої реальності в електронній комерції» наразі дуже актуальна та тільки набирає обертів і має великий потенціал для зростання та інновацій. За останні декілька років технологія AR стрімко розвивалась, що дало можливість та доступність компаніям по впровадженню доповненої реальності на свої платформи електронної комерції. Так як ринок електронної комерції зростає – малі та великі компанії шукають новітні способи по виділенню себе серед конкурентів. Наразі таким способом є AR, адже він може забезпечити унікальну конкурентну перевагу. Дана технологія допомагає клієнтам інтерактивним способом звізуалізувати товар, що створює при цьому персоналізований та привабливіший досвід покупця. Також, після настання пандемії COVID-19 та триваючої війни, значно прискорився перехід від офлайн-покупок до онлайн, що створює потребу у впровадженні нових можливостей до електронної комерції ще більш важливою. Тому, використання доповненої реальності в електронній комерції - актуальна та надважлива тема для проведення досліджень та розробок.

**Мета дослідження:** метою дослідження даної роботи є визначення та аналіз потенційних переваг використання доповненої реальності в електронній комерції та розробка мобільного застосунку для електронної комерції з використанням технології AR.

### **Завданнями дослідження:**

- Оглянути та проаналізувати існуючу літературу по використанню доповненої реальності та розглянути переваги і недоліки цієї технології.
- Розглянути переваги і недоліки AR, щоб дослідити потенційні переваги використання доповненої реальності в електронній комерції.
- Розробити UI-дизайн застосунку.

- Розробити мобільний застосунок для електронної комерції на основі AR, що надасть клієнтам можливість переглядати, розміщувати на поверхні об'єкти в середовищі доповненої реальності.
- Підсумувати та надати висновки по проведеному дослідженню, щодо впровадження доповненої реальності в електронну комерцію.

**Об'єкт дослідження:** об'єктом дослідження даної роботи є інтеграція технології доповненої реальності у платформи електронної комерції, а саме: використання AR для покращення досвіду онлайн-покупок для клієнтів, що дозволить їм переглядати товари в середовищі доповненої реальності.

Об'єктом дослідження також є потенційні переваги використання доповненої реальності в електронній комерції, а також проектування за розробка застосунку на основі AR для електронної комерції.

**Методи дослідження:**

- Огляд літератури про використання доповненої реальності в електронній комерції.
- Проектування та розробка мобільного застосунку для електронної комерції на основі AR для перевірки ефективності технології в покращенні клієнтського досвіду онлайн-покупок.
- Висновки на основі аналізу зібраних даних під час огляду літератури та розробки застосунку.

**Практичне значення одержаних результатів:** данні дослідження мають на меті зробити внесок у розвиток електронної комерції та надати корисну інформацію для компаній, котрі прагнуть інтегрувати доповнену реальність у свої платформи електронної комерції.

# 1 РОЗДІЛ: Технологія доповненої реальності

## 1.1 Розвиток доповненої реальності

Для того, щоб детально розібратись із тим, що ж таке доповнена реальність (AR) пропонуємо для початку ознайомитись з цим терміном та історією виникнення даної технології.

**Доповнена реальність (AR)** - це технологія, яка дозволяє змішувати віртуальний світ з реальним світом. За допомогою AR-технологій можна додати до зображення з камери смартфона, планшета або іншого пристрою віртуальні об'єкти, зображення, звуки та інші цифрові елементи, що можуть існувати в одному просторі з реальними об'єктами. Застосовуватись AR може у багатьох галузях, таких як електронна комерція, медицина, освіта, розваги та інші. Доповнена реальність дозволяє створювати новий інтерактивний досвід для користувача та розширювати можливості взаємодії з довкіллям.

**Історія доповненої реальності (AR)** починається з 1960-х років, коли американський інформатик, винахідник та дослідник Іван Сазерленд створив перший прототип гарнітури, який використовувався для відображення графіки на віддаленій поверхні. Це був перший крок у створенні AR-технологій. Проте на довгий час розвиток AR-технологій залишався науковим інтересом.

Наступний значний прорив в галузі доповненої реальності став можливим завдяки Тому Каудделлу та Девіду Мізелілу, які вперше використали термін «Доповнена реальність» створивши дисплей для літака будівництва. А вже у 1992 році Луї Розенбург розробив систему для пілотів під назвою «Virtual Fixtures» для підсилення відчуття присутності в реальному середовищі шляхом використання графічних об'єктів, що накладаються на реальний світ.

У 2000-х роках AR-технології стали доступні для широкого споживача завдяки розробці мобільних пристроїв, що включали камери та дисплеї

високої роздільної здатності. У 2000 році була представлена перша маркерна система розширеної реальності ARToolKit. Вона стала популярним відкритим програмним забезпеченням для розробки AR-додатків. У 2009 році завдяки цій бібліотеці був покладений початок WebAr – доповнена реальність у браузері.

Наступними видатними роками для AR були 2016-2018 роки, адже саме тоді випустили гру компанії Niantic Labs, що прогрімала на весь світ – Pokemon Go. Вона базувалась GPS-відстеженні на стала глобальним проривом у доповненій реальності, залучивши мільйони гравців по всьому світі. А одразу після цієї події, компанії Apple та Google відповідно представили ARKit та ARCore - фреймворки розширеної реальності, створені для розробки AR-додатків. [10]

Розвиток доповненої реальності має потенціал для революції в кількох галузях, у тому числі в електронній комерції, шляхом посилення залучення клієнтів і надання більш захоплюючого досвіду покупок. Як міст між цифровим і реальним світами, вона надає людям новий спосіб розпізнавати та відчувати речі довкола.

**Якщо ж говорити про основні переваги технології доповненої реальності, то слід виділити ці пункти [13]:**

- Покращення взаємодії з користувачем. AR може надати більш інтерактивний досвід, що дозволяє користувачам взаємодіяти з продуктом або послугою більш ефективно.
- Створення нових ринків. AR може створювати нові ринки та можливості для продажу продуктів та послуг, що можуть використовувати технологію AR для покращення досвіду користувача.
- Покращення рекламного досвіду. AR може надати нові можливості для рекламного досвіду, дозволяючи користувачам спробувати продукт або послугу до покупки.

- Ефективність у виконанні задач. AR може допомогти знизити час та зусилля, необхідні для виконання певних задач.

Проте, незважаючи на усі переваги технології доповненої реальності, вона також має свої недоліки, включаючи обмеженість простору взаємодії та нестабільність у деяких середовищах. З розвитком технологій AR, ці проблеми поступово вирішуються і вона стає все більш популярною технологією у бізнесі та рекламі. Проте, також варто зазначити, що доповнена реальність потребує досить немалих витрат, що можна віднести до мінусів.

## **1.2 Доповнена, віртуальна та змішана реальності. Порівняння технологій**

Для багатьох термін доповненої реальності досі залишається незрозумілим і більш звичним у вжитку є віртуальна реальність (VR), тому було вирішено у даній роботі також приділити увагу порівнянню цих двох технологій та виділенню їх основних відмінностей, а також з'ясувати, яка з цих технологій є більш підходящою для електронної комерції.

Почнемо з того, що доповнена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR) - це дві різні технології, які надають користувачам абсолютно різний досвід. AR використовує камеру смартфона або іншого пристрою, щоб додати доповнення до реального світу, тобто вона додає елементи до реальності, з якими можна взаємодіяти. За допомогою AR можна показувати додаткову інформацію у реальному світі.

З іншого боку, VR це технологія, що дозволяє створювати повністю віртуальний світ, в якому користувачі можуть взаємодіяти з об'єктами та оточенням, що створюється програмно. VR може забезпечити користувачам імерсивний досвід, дозволяючи їм відчувати, що вони знаходяться в іншому світі.

Ось деякі переваги та недоліки AR та VR у порівняльній таблиці [3]:

Таблиця 1 - Порівняння технологій AR та VR

AR	VR
AR може використовуватися без додаткового обладнання, оскільки додаток працює на смартфоні або планшеті	VR вимагає спеціального обладнання, такого як шолом VR та контролери
AR не забезпечує повністю імерсивного досвіду, оскільки користувачі все ще бачать реальний світ навколо себе	VR забезпечує повністю імерсивний досвід, що дозволяє користувачам відчувати, що вони знаходяться в іншому світі
AR може бути використано в різних галузях	VR може бути використано в різних галузях
AR може бути обмеженим наявністю камери та сенсорів в смартфоні та потребувати додаткового програмного забезпечення	VR може бути обмеженим розміром простору для взаємодії, якщо він використовується в реальному світі та викликати дезорієнтацію

Отже, вибір між AR та VR залежить від того, для якої цілі ви хочете використовувати ці технології. Якщо у вас на меті додати доповнення до реального світу, то AR може бути кращим вибором. Якщо ж ви хочете створити повністю імерсивний досвід, то VR може бути більш підходящим. Проте, на сьогоднішній день AR та VR часто використовуються в поєднанні, створюючи так звану змішану реальність (MR), що може надати ще більш потужний досвід користувачам.

MR використовує спеціальні пристрої, такі як гарнітури дозволу на змішану реальність, щоб сприймати реальний світ та додавати до нього віртуальні елементи. Особливість MR полягає в тому, що він дозволяє

взаємодіяти з віртуальними елементами в більш широкому просторі та в реальному часі. Оскільки MR використовує більш потужні пристрої та технології, він може надати користувачам більш інтерактивний та реалістичний досвід, ніж AR. Однак, MR також є більш складною технологією та потребує спеціальних пристроїв, що може зробити його менш доступним для користувачів. [8]

Підсумовуючи, робим такий висновок, що обираючи між технологіями AR, VR та MR слід розглянути потреби бізнесу та цільову аудиторію, проте саме для електронної комерції найбільш доступною, простою у впровадженні і використанні для взаємодії з клієнтами буде технологія доповненої реальності (AR).

### 1.3 Види доповненої реальності

Роботу технології доповненої реальності (AR) загалом можна розділити на маркерну та без маркерну, проте видів AR, насправді, набагато більше, тому в роботі було розглянуто всі основні види даної технології і визначені їх відмінності, а також проведено аналіз як саме вони можуть бути застосовані в електронної комерції.

#### Види доповненої реальності [14]:

- **Marker-based AR** (AR з використанням маркерів): цей тип AR використовує маркери для визначення місця та положення об'єктів в доповненій реальності. Іншими словами, коли камера спрямована на маркер, додаток може відобразити 3D-модель чи інші об'єкти на екрані відносно цього маркера.
- **Markerless AR** (AR без маркерів): цей тип AR не потребує спеціальних маркерів для відображення об'єктів в доповненій реальності. Замість цього, додаток використовує внутрішні сенсори пристрою, такі як камера, геолокація та гіроскоп, щоб

визначити місцезнаходження та орієнтацію пристрою, та відображати об'єкти на екрані відносно цих параметрів.

- **Projection-based AR** (AR з проекцією): у цьому типі AR використовуються проектори для відображення об'єктів в доповненій реальності на реальних об'єктах.
- **Location-based AR** (AR за локацією): цей досвід AR прив'язаний до конкретних місць реального світу. У таких програмах зазвичай використовується GPS, Wi-Fi, мобільні дані або інші технології відстеження місцезнаходження. Використовується для того, щоб визначити місцезнаходження користувача та накласти цифровий вміст на реальне середовище відповідно до контексту.

### **Ось деякі приклади використання AR в електронній комерції з різними типами AR:**

**Маркерний AR:** може бути використаний для демонстрації виробу в онлайн-магазині з віртуальним тестуванням виробу перед покупкою. Наприклад, можна використовувати маркерний AR для примірки макіяжу на обличчі потенційного покупця перед покупкою косметичного засобу.

**Без маркерний AR:** може бути використаний для створення віртуального примірника товару, який можна розмістити в будь-якому місці, де є вільний простір, поверхня. Гарним прикладом може бути підлога, стіна, стіл, тощо. Це може допомогти користувачам краще уявити, як товар буде виглядати у реальному світі та підібрати його до інтер'єру або зовнішнього вигляду.

**Location-based AR:** може бути використаний для створення віртуальних приміщень або кімнат, де покупець зможе віртуально розмістити меблі або інші товари та побачити, як вони виглядатимуть у реальному світі перед тим, як купувати їх. Або можна створити AR-додаток, який показуватиме інформацію про магазини, ресторани, які знаходяться неподалік від користувача.

Отже, вибір типу AR залежить від того, які цілі має електронний магазин та які товари він продає.

## 1.4 Засоби для реалізації доповненої реальності

### 1.4.1 AR SDKs – це?

Розробникам доступно кілька комплектів розробки програмного забезпечення (SDK), які дозволяють розробляти програми з технологією доповненої реальності. SDK полегшує роботу багатьох компонентів та надає інструменти та бібліотеки для розпізнавання, 3D-моделювання, візуалізації та відображення, що полегшує створення програм AR. [17]

Розглянемо детальніше кожен з цих кроків:

1. Розпізнавання зображень: використовуються алгоритми комп'ютерного зору для розпізнавання та відстеження реальних об'єктів або зображень.
2. 3D-моделювання: розпізнані об'єкти або зображення використовуються як мірка для розміщення 3D-моделей або цифрового вмісту в реальному світі.
3. Візуалізація: відбувається рендеринг цифровий вмісту відповідно до реального середовища в режимі реального часу, коригуючи освітлення, тіні, тощо.
4. Дисплей: відображається відтворений цифровий вміст на екрані смартфона чи планшета, що надає користувачам досвід доповненої реальності.

Отже, SDK надає розробникам набір інструментів, бібліотек і API для створення AR - додатків.

### Розглянемо деякі популярні AR SDK [17] :

- ARKit (для пристроїв iOS): розроблений Apple та надає можливість розробникам створювати доповнену реальність для пристроїв, що працюють на iOS.
- ARCore (для пристроїв Android): розроблений Google та надає можливість розробникам створювати програми AR для пристроїв, що працюють на Android.
- Vuforia: підтримує кілька платформ та надає можливість розробникам створювати програми AR для пристроїв включаючи iOS та Android.

Варто зазначити, що вибір технології залежить від таких факторів, як сумісність платформи, бажані функції, складність досвіду AR та досвід розробки, тому далі буде детальніше розглянуто кожен з вище зазначених SDK.

#### 1.4.2 ARCore

**ARCore** — це платформа від Google для створення досвіду доповненої реальності (AR) на пристроях Android. Вона надає набір інструментів, API і можливостей, які дозволяють розробникам створювати захоплюючі та інтерактивні програми AR.

Виділим деякі ключові функції, які надає ARCore [4]:

- **Відстеження руху:** ARCore використовує камеру та датчики пристрою, щоб відстежувати його положення та орієнтацію в реальному світі, що дозволяє точно розміщувати віртуальні об'єкти у навколишньому середовищі та зберігати їх положення при переміщенні пристрою.
- **Розуміння навколишнього середовища:** ARCore може виявляти та розуміти фізичні особливості навколишнього середовища, такі як горизонтальні та вертикальні площини. Дана функція дозволяє

віртуальним об'єктам взаємодіяти з реальним світом і розміщуватися на таких поверхнях, як підлога та стіни.

- **Оцінка освітлення:** ARCore може оцінити умови освітлення в реальному середовищі, що може покращити загальну якість зображення та інтеграцію віртуального вмісту з реальним світом.
- **Доповнені зображення:** ARCore підтримує розпізнавання та відстеження зображень. Наприклад, коли камера виявляє попередньо визначене зображення, то віртуальний вміст може бути накладено поверх нього.
- **Розширені обличчя:** ARCore надає можливості відстеження обличчя, що дозволяє використовувати такі програми, як фільтри на обличчя та віртуальний макіяж.

ARCore постійно розвивається та вводить нові функції для можливостей розробки AR. SDK сумісний із багатьма пристроями Android та iOS. Зі списком моделей пристроїв, що підтримують ARCore можна ознайомитись на їх офіційному сайті [5].

### 1.4.3 ARKit

**ARKit** — це платформа від Apple для розробки додатків, яка дозволяє розробникам створювати досвід доповненої реальності спеціально для пристроїв iOS, включаючи iPhone та iPad з процесором від A9 і вище. ARKit надає повний набір інструментів, бібліотек і API, які спрощують процес розробки та дозволяють інтегрувати можливості AR у програми iOS.

Розглянемо основні функції та можливості Apple ARKit [6]:

- **Відстеження:** ARKit використовує камеру та датчики пристрою для відстеження реального середовища, визначення та розуміння положення та орієнтації об'єктів у просторі. Дана функція дозволяє точно розмістити віртуальний вміст у реальному світі.

- **Розуміння сцени:** ARKit може аналізувати сцену та виявляти горизонтальні та вертикальні площини, такі як підлога, стіни, тощо. Використовується дана функція для розміщення AR-контенту на цих поверхнях.
- **Розпізнавання та відстеження об'єктів:** ARKit підтримує розпізнавання та відстеження об'єктів, дозволяючи розробникам ідентифікувати та відстежувати конкретні об'єкти реального світу. Ця функція дає змогу використовувати різноманітні додатки, наприклад розміщення віртуальних продуктів і взаємодію з фізичними об'єктами.
- **Розпізнавання обличчя:** ARKit надає розширені можливості відстеження обличчя, дозволяючи розробникам створювати доповнену реальність, яка розпізнає риси обличчя в режимі реального часу. Прикладом використання є такі програми, як фільтри для обличчя та віртуальний макіяж.
- **Виявлення та відстеження зображень:** ARKit дозволяє виявляти та відстежувати 2D-зображення в реальному світі. Розробники можуть створювати доповнену реальність при розпізнаванні камерою визначених 2D-зображень.
- **Оцінка освітлення:** ARKit може оцінювати умови освітлення реального середовища, дозволяючи розробникам застосовувати реалістичне освітлення та затінення до віртуальних об'єктів, що покращить якість досвіду AR.

Отже, завдяки потужним функціям Apple ARKit полегшує створення широкого спектру програм з технологією доповненої реальності, включаючи розваги, освіту, електронну комерцію, дизайн інтер'єру, тощо.

### 1.4.4 Vuforia

**Vuforia** — це платформа для створення доповненої реальності (AR), розроблена компанією PTC. Вона надає інструменти, бібліотеки та API, які дозволяють розробникам створювати програми AR для різних платформ, включаючи iOS та Android.

Ось деякі ключові особливості та аспекти роботи з Vuforia [16]:

1. **Розпізнавання зображень:** Vuforia підтримує розширені можливості розпізнавання 2D-зображень, дозволяючи розробникам створювати доповнену реальність при розпізнаванні камерою цих зображень.
2. **Розпізнавання об'єктів:** окрім розпізнавання зображень, Vuforia пропонує можливості розпізнавання об'єктів. Це дозволяє розробникам розпізнавати та відстежувати певні 3D-об'єкти і накладати на них віртуальний контент.
3. **Розширене відстеження:** Vuforia забезпечує розширене відстеження, яке дозволяє відстежувати віртуальні об'єкти, навіть якщо оригінальне зображення чи об'єкт більше не видно. Ця функція підвищує стабільність і безперервність досвіду AR.
4. **Розуміння сцени:** ARKit може аналізувати сцену та виявляти горизонтальні та вертикальні площини, такі як підлога, стіни, тощо. Використовується дана функція для розміщення AR-контенту на цих поверхнях.

Vuforia надає надійну документацію та зразки коду для створення програм AR і тому широко використовується в різних галузях, включаючи роздрібну торгівлю, виробництво, ігри, освіту та маркетинг для створення інтерактивних та захоплюючих програм з використанням доповнених можливостей.

## 2 РОЗДІЛ: AR в електронній комерції

### 2.1 Переваги впровадження AR в електронну комерцію

Сьогодні AR-технології застосовуються в багатьох сферах, включаючи електронну комерцію, дизайн, будівництво та інші. Вони дозволяють підвищити ефективність роботи, спрощують процеси та покращують користувальницький досвід.

Для електронної комерції AR може стати потужним інструментом. Він дозволяє клієнтам побачити товари у реальному світі, оцінити їх розмір та пропорції та переконатися, що вони відповідають їх потребам та очікуванням. Також AR може допомогти вирішувати проблему повернень, адже користуючись віртуальною примірочною, де можна спробувати одяг чи обладнання та зробити вибір без необхідності відвідувати магазин, користувач зможе детальніше ознайомитись з товаром та навіть приміряти його. А ще доповнена реальність може бути корисним інструментом для маркетингу та реклами, адже вона дозволяє створювати інтерактивні та захоплюючі рекламні кампанії, які можуть вразити споживачів та збільшити їх зацікавленість у продуктах та послугах. Та на останок, AR-технології дозволяють створювати унікальні візуальні ефекти, що може бути корисним у дизайні та створенні віртуальних приміщень. [1]

У контексті електронної комерції, доповнена реальність може бути використана для поліпшення досвіду покупців. Наприклад, використання AR дозволяє клієнтам переглядати продукти в 3D форматі, надавати певну інформацію про товари, а також спрощувати процес покупки. Один з способів використання доповненої реальності в електронній комерції - це створення AR-додатків. Такі застосунки, наприклад, можуть допомогти клієнтам побачити, як будуть виглядати меблі або одяг у реальному світі перед тим, як зробити покупку, або надати інформацію про товари на полиці магазину.

Іншим прикладом використання доповненої реальності в електронній комерції є використання AR-технологій у маркетингових кампаніях.

Прикладом може бути створення AR-реklamних банерів, які дозволяють користувачам дивитись на продукти в 3D-форматі.

Загалом, використання доповненої реальності в електронній комерції може допомогти бізнесам збільшити свої продажі, поліпшити досвід покупок та залучити нових клієнтів. Однак, для використання AR-технологій потрібно мати належний рівень технічної компетентності та інвестувати достатні ресурси для розробки та реалізації AR-продуктів.

## 2.2 AR-додатки

Як уже було згадано раніше, AR-додатки є одним з найбільш популярних прикладів використання доповненої реальності в електронній комерції. Тому пропоную розібратись детальніше, що ж це таке і, які переваги надає.

**AR-додатки** - це додатки для смартфонів або планшетів, які використовують технологію доповненої реальності для створення віртуальних об'єктів, які можуть існувати в реальному світі. Вони дозволяють користувачам досліджувати та маніпулювати віртуальними об'єктами, відображеними на екрані свого пристрою, в реальному часі та просторі.

Використання AR-додатків охоплює багато сфер та сприяє досягненню різних цілей, включаючи: маркетинг та рекламу, навчання, ігри, візуалізацію, тощо. Проте, у даній роботі було розглянуто основні види AR-додатків для електронної комерції та приклади їх застосування.

Отже, основні види додатків для електронної комерції, що використовують технологію доповненої реальності, включають:

- AR-додатки для покупок: ці додатки дозволяють користувачам переглядати товари в AR-середовищі, щоб побачити, як вони виглядають у реальному житті, і спробувати їх на себе.
- AR-додатки для маркетингу: ці додатки дозволяють компаніям використовувати AR-технології для створення реклами та маркетингових кампаній, що дозволяє підвищити увагу до продукту або послуги.

Якщо ж говорити про AR-додатки для покупок, то яскравим прикладом є AR-каталог. Це основний підхід до використання доповненої реальності в електронній комерції і він може допомогти покупцям вибрати правильний розмір товару, одягу або взуття, приміряючи їх віртуально, що зменшує ризик повернення товарів через неправильний розмір.

**AR-каталог** - це додаток, який дозволяє клієнтам переглядати продукти в доповненій реальності. Каталог містить 3D-моделі товарів, які можуть бути розміщені в реальному світі за допомогою маркерів або без них. Користувач може побачити, як буде виглядати продукт в його реальному середовищі, використовуючи камеру свого смартфона або планшета, а також обертати та збільшувати модель, щоб побачити деталі товару перед покупкою. Такі додатки зазвичай використовуються в електронній комерції для показу товарів віртуальної реальності, допомагаючи покупцеві зрозуміти, як виглядатиме продукт, коли він прибуде до нього додому. []

Отже, AR-каталоги зазвичай фокусуються на продажі товарів у доповненій реальності. Гарним прикладом у створенні такого додатку є компанія ІКЕА випустила застосунок ІКЕА Place, який дозволяє користувачам вирішувати, чи підійде певний меблевий виріб до їхнього інтер'єру, використовуючи AR-технології. Користувачі можуть вибрати з широкого асортименту меблів та аксесуарів, щоб перевірити, як вони будуть виглядати у реальному просторі. Та і загалом, AR-каталог може бути використаний для продажу будь-чого, де важливо розглянути деталі та вигляд

продукту перед покупкою, починаючи від автомобілів, одягу та закінчуючи деревами для ландшафтного дизайну.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що використання доповненої реальності в електронній комерції може допомогти бізнесам збільшити свої продажі, поліпшити досвід покупок та залучити нових клієнтів. А обираючи між видом AR-додатку, потрібно чітко визначати який функціонал потрібен для вашого продукту і виходячи з цього робити свій вибір.

### 2.3 Приклади застосування AR в електронній комерції

Говорячи про застосування доповненої реальності, важливо уточнити, що вона існує не так давно, адже її історія в електронній комерції починається на початку 2010-х років з появи AR-додатків та AR-технологій. Одним з перших додатків, які використовували AR для електронної комерції, був додаток Ikea Catalogue (Рисунок 1), запущений в 2013 році. Цей додаток дозволяв користувачам побачити меблі з каталогу Ikea у своїй власній кімнаті за допомогою камери смартфона або планшета. Додаток дозволяв переконатися, що обрані меблі підйдуть за розміром та пропорціями та відповідають інтер'єру кімнати. [11]



Рисунок 1 – AR-додаток Ikea

Пізніше, інші компанії такі як Amazon, Nike, L'Oreal, та інші також почали використовувати AR-технології для електронної комерції. Наприклад,

Amazon запустив додаток Amazon AR View (Рисунок 2), який дозволяє клієнтам побачити товари у своєму середовищі, наприклад, взуття або меблі. Це допомагає вирішувати проблему зі кількістю повернень товару.

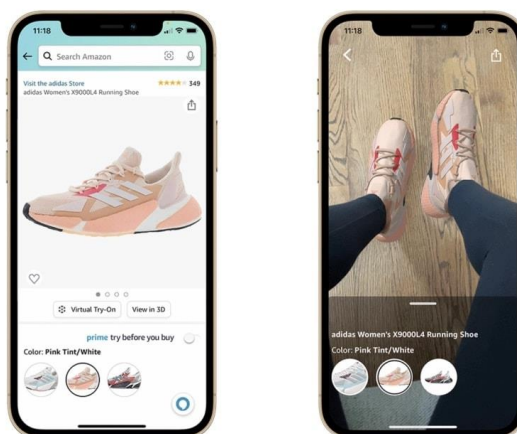


Рисунок 2 - AR-додаток Amazon

Компанія Nike використовує SLAM-AR для створення інтерактивних додатків (Рисунок 3), які дозволяють користувачам вибрати взуття та спорядження для тренувань, що відповідає їхньому стилю та потребам. Користувач може вибрати певну модель взуття, а додаток віртуально поміщає її на ноги покупця, щоб він міг побачити, як воно буде виглядати на нозі та визначити чи підходить воно візуально.

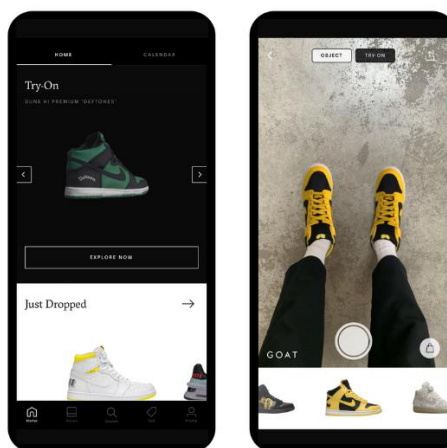


Рисунок 3 – AR-додаток Nike

Sephora Virtual Artist - додаток від Sephora (Рисунок 4), який використовує маркерний AR для віртуального тестування макіяжу на своєму обличчі. Користувач може вибрати різні продукти макіяжу та відразу побачити, як вони виглядають на його обличчі. Це дозволяє користувачам вибрати той відтінок, який найкраще підходить до тону шкіри, та допомагає уникнути ризику неправильної покупки, адже користуватись косметикою, що не підійшла по кольору людина скоріш за все не буде, а повернення розпакованої косметики неможливе. [1]

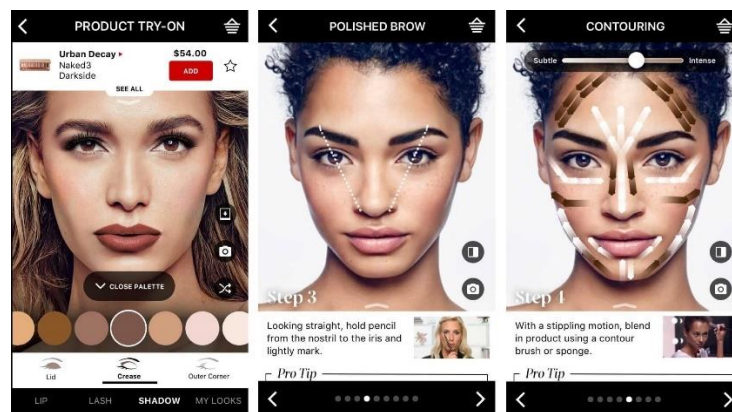


Рисунок 4 - AR додаток Sephora

Загалом використання AR компаніями показало позитивні результати та безліч переваг. Наведу кілька загальних результатів, які компанії отримали завдяки впровадженню технології доповненої реальності [18]:

1. Розширене залучення клієнтів: AR дозволяє компаніям надавати клієнтам захоплюючий та інтерактивний досвід, підвищуючи залученість і привертаючи їх увагу. Це дозволяє клієнтам візуалізувати продукти в більш реалістичний та персоналізований спосіб, що призводить до більш високого рівня інтересу та залучення.
2. Покращений досвід клієнтів: AR покращує досвід покупок, пропонуючи віртуальні примірки, візуалізацію продукту та інтерактивні функції. Це допомагає клієнтам приймати більш

- обґрунтовані рішення про покупку, зменшуючи ймовірність повернення та підвищуючи задоволеність клієнтів.
3. Збільшення продажів: AR може позитивно вплинути на продажі. Даючи клієнтам змогу побачити продукти у своєму власному середовищі або випробувати їх віртуально, AR зменшує невизначеність і підвищує впевненість у прийнятті рішень що до покупки, що призводить до підвищення продажів.
  4. Зниження повернення: AR може мінімізувати повернення, дозволяючи клієнтам переглядати продукти перед покупкою, гарантуючи, що вони відповідають їхнім очікуванням. Це зменшує витрати, пов'язані з поверненням.
  5. Інновації: впровадження технології доповненої реальності виділяє компанії серед конкурентів, демонструючи їхню відданість інноваціям і підходам, орієнтованим на клієнта. Це може зміцнити імідж бренду та позиціонувати компанію як лідера у впровадженні нових технологій.
  6. Розширений маркетинг і реклама: AR надає нові можливості для творчих і захоплюючих маркетингових кампаній. Бренди можуть створювати інтерактивний досвід доповненої реальності, що привертає увагу, підвищує пізнаваність бренду та сприяє залученню клієнтів.
  7. Збір даних і аналітика: додатки AR можуть збирати цінні дані про вподобання клієнтів, поведінку та взаємодію. Ці дані можна використовувати для вдосконалення маркетингових стратегій, персоналізації рекомендацій і вдосконалення майбутньої розробки продукту.

Важливо зазначити, що результати можуть відрізнятися в залежності від таких факторів, як: сфера, цільова аудиторія, стратегія впровадження та якість наданого досвіду AR. Компанії повинні проводити ретельні

дослідження, тестування та аналіз, щоб оцінити ефективність і вплив впровадження AR у конкретному бізнесі.

Отже, доповнена реальність стає все більш популярною у електронній комерції та дозволяє компаніям створювати інтерактивний та персоналізований досвід для своїх клієнтів.

### **3 РОЗДІЛ: Розробка AR-додатку для електронної комерції**

#### **3.1 Опис додатку**

Однією з цілей даної роботи було продемонструвати можливості використання доповненої реальності в електронній комерції. Після усіх проведених досліджень та аналізу було вирішено, що найбільш перспективним та корисним є створення AR-каталогів. Тому, в межах даної роботи буде реалізовано мобільний додаток «TRY-ON furniture edition» під Android з використанням доповненої реальності, а саме AR-каталогу для магазину меблів та декору.

#### **3.2 Функціональні, нефункціональні та системні вимоги**

##### **3.2.1 Функціональні вимоги**

- Розпізнавання поверхонь.
- Розміщення віртуального контенту на розпізнаних поверхнях.
- Каталог для перегляду всіх доступних позицій для віртуальної примірки.
- Користувач повинен мати змогу переміщувати віртуальні об'єкти в реальному часі.
- Користувач повинен мати змогу обертати віртуальні об'єкти в реальному часі навколо осей.
- Користувач повинен мати змогу видаляти віртуальні об'єкти в реальному часі.

##### **3.2.2 Нефункціональні вимоги**

- Додаток повинен працювати швидко.

- Віртуальні 3D моделі мають бути реалістичними та якісними.
- Віртуальний контент повинен розміщуватись точно в бажаному місці.
- Користувацький інтерфейс повинен бути зручним, простим та зрозумілим у використанні та мінімалістичним.

### 3.2.3 Системні вимоги

Системні вимоги допомагають забезпечити оптимальну роботу AR-додатку на пристроях користувачів та підтримувати визначену функціональність.

- Dodatok повинен підтримувати працездатність на платформах, що підтримують ARCore, таких як Android або iOS.
- Dodatok може вимагати наявності певних апаратних компонентів, таких як камера з підтримкою ARCore.
- Dodatok може вимагати певного обсягу оперативної пам'яті для ефективної роботи. Великий обсяг віртуального контенту або складні 3D-моделі можуть потребувати більше пам'яті.
- Для коректної роботи додатку потрібна підтримка відповідної версії ARCore. Dodatok може вимагати певної мінімальної версії ARCore, яка повинна бути встановлена на пристрої користувача.

## 3.3 Створення UI-дизайну застосунку та 3D моделей

### 3.3.1 UI-дизайн

Розробка користувацького інтерфейсу є дуже важливим етапом при створенні додатків для електронної комерції, адже під час процесу обирання продукту має викликати максимально позитивні відчуття та легкість, що буде

сприяти покупці. В протилежному випадку, якщо інтерфейс буде надто незрозумілим користувач просто видалить додаток і у нього залишаться негативні асоціації із брендом.

Отже, основними цілями про розробці UI-дизайну для додатку «TRY-ON furniture edition» є:

- Мінімалізм: для AR-додатків мінімалізм є одним з найважливіших аспектів, адже усе, що розміщено на екрані буде накладено поверх камери, що може заважати переглядати доданий віртуальний контент. Тому, усе, що знаходиться на екрані має бути надважливим, займати мало місця та мати мінімалістичний дизайн.
- Лаконічність: дизайн кнопок, меню має бути лаконічним, а кольори обрані класичні, щоб не відволікати увагу користувача від віртуальної примірки.
- Зручність та простота: розміщення усього функціоналу має бути зручним для користувача та зрозумілим на інтуїтивному рівні. Якщо ми говоримо про мобільний додаток, то кнопки які використовуються найчастіше мають бути розміщені внизу екрана. Менш важливий функціонал, що використовується рідше в свою чергу може бути розміщений вверху екрана.

Розробка UI-дизайну (Рисунок 5) додатку «TRY-ON furniture edition» відбувалась з використанням інструменту для створення прототипів – Figma.

[19]

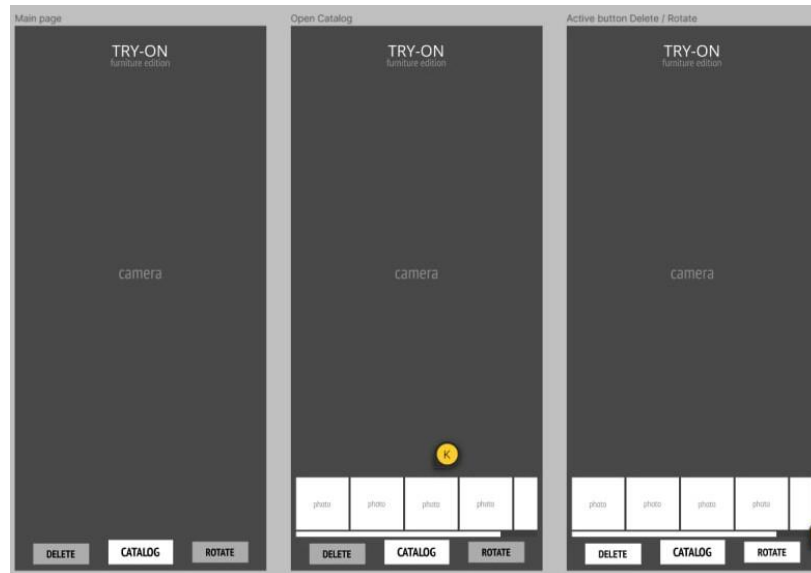


Рисунок 5 - Створення прототипу додатку

Основний функціонал по роботі з доповненою реальності надають три кнопки: Catalog, Delete, Rotate.

- **Кнопка «Catalog»** - розміщена внизу екрана, посередині. При натисканні над нею з'являється горизонтальний каталог товарів.
- **Горизонтальний каталог товарів** – з'являється над кнопку «Catalog» при натисканні на неї, але зникає в момент натискання на об'єкт з каталогу, щоб не заважати користувача розміщувати його на сцені. Увесь товар в каталозі розміщений на білому фоні, що сприяє кращому сприйняттю.
- **Кнопка «Delete»** - розміщена внизу екрана, зліва від кнопки «Catalog».

Дана кнопка має два режими: активний – кнопка білого кольору; неактивний – кнопка сірого кольору. При першому натисканні змінює свій колір на білий, що означає, що функція видалення віртуальних предметів зі сцени зараз активна. Для того, щоб відключити режим видалення об'єктів – потрібно натиснути ще раз на кнопку «Delete» і перевести її в неактивний режим.

- **Кнопка «Rotate»** - розміщена внизу екрана, справа від кнопки «Catalog». Дана кнопка має два режими: активний – кнопка білого

кольору; неактивний – кнопка сірого кольору. При першому натисканні змінює свій колір на білий, що означає, що функція обертання віртуальних предметів на сцені зараз активна. Для того, щоб відключити режим обертання об'єктів – потрібно натиснути ще раз на кнопку «Rotate» і перевести її в неактивний режим.

Також було вирішено додати маленький мінімалістичний логотип (Рисунок 6) вверху екрана, що буде певною рекламою додатку, адже користувачі скоріш за все будуть робити багато знімків екрану. Тому дуже важливо, щоб на скріншотах було видно назву бренду чи додатку.



*Рисунок 6 - Логотип додатку*

### 3.3.2 3D моделі

Наступним важливим етапом перед початком реалізація додатку є підготовка матеріалу для додатку, а саме створення 3D-моделей. Для цього доступно досить багато різних інструментів, таких як: Blender, Fusion 360 та інші. Вони дозволяють дизайнерам і розробникам створювати й оптимізувати 3D-моделі, текстури, анімацію та інші візуальні ресурси для доповненої реальності. У даній роботі для створення 3D-моделей було використано інструмент – Fusion 360. Загалом для даної роботи було створено три різні 3D-моделі, а саме: стіл (Рисунок 7), стілець та лампа.

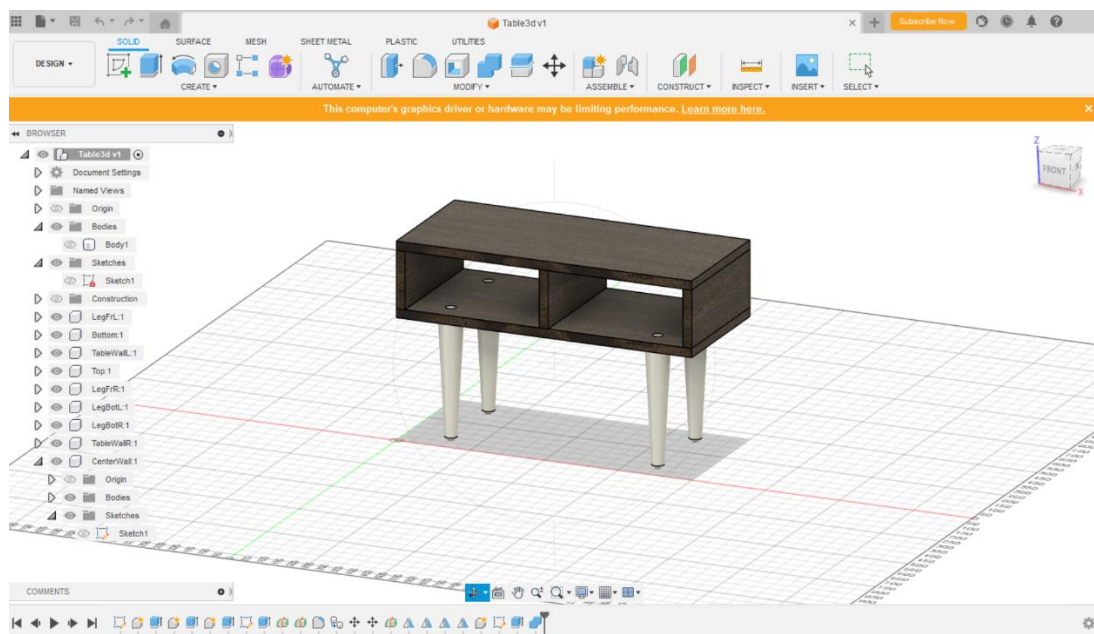


Рисунок 7 - Створення 3D-моделі "Table" у Fusion 360

### 3.4 Структура додатку

Додаток містить одну сцену. Вона складається з об'єктів, що мають певну ієрархію продемонстровану на Рисунок 8.

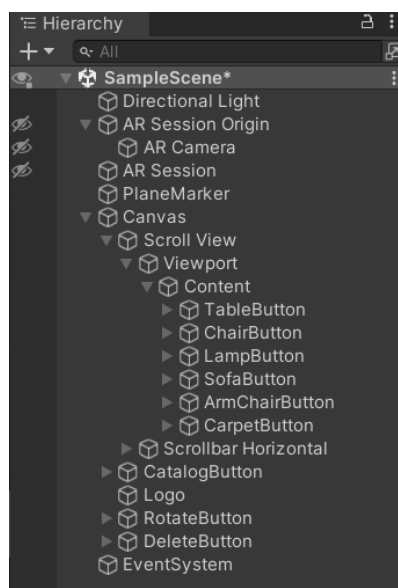


Рисунок 8 - Ієрархія об'єктів у сцені

### 3.5 Стек технологій

Для розробки додатку було обрано платформу Unity, адже вона є досить популярною для створення AR-додатків, тому що надає широкі можливості. Наприклад, візуалізація 3D-графіки, що дозволяє створювати реалістичні віртуальні об'єкти для програм AR та підтримує широкий спектр форматів 3D-моделювання, ефектів, освітлення та інструментів анімації.

Unity пропонує Visual Studio як середовище розробки та C# як мову розробку. Додаток створювався лише для пристроїв Android, тому було обрано пакет **ARCore SDK від Google** для створення доповненої реальності, адже він надає усі необхідні інструменти та API для створення AR - додатку. Важливо зазначити, що додаток підтримує версії Android від 7 і вище.

При створенні додатку будуть використовуватись дані можливості, які надає ARCore:

- Надійне відстеження руху, що дозволить віртуальним об'єктам точно взаємодіяти з реальним світом.
- Виявлення горизонтальних поверхонь.
- Розуміння навколишнього середовища, а саме: виявлення світла, оцінка розміру та розташування поверхонь.

**AR Foundation** – фреймворк, що забезпечую надійне відстеження руху та розуміння середовища, що дозволяє визначати положення та орієнтацію пристрою в реальному світі та виявляти горизонтальні та вертикальні площини для розміщення об'єктів.

**AR Subsystems** – пакет, що надає модульний підхід доступу до функцій доповненої реальності на різних платформах. Він спрощує розробку, полегшує обслуговування та можливі розширення.

**ARCore XR Plugin** - пакет Unity, який забезпечує інтеграцію між фреймворком AR Foundation і платформою ARCore.

Отже, стек технологій та інструментів для створення AR-каталогу в Unity виглядає наступним чином:

- Unity – платформа для створення AR-додатків.
- ARCore SDK - пакет розробки програмного забезпечення від Google, що містить інструменти та бібліотеки для розробки AR-додатків з використанням ARCore.
- Visual Studio – середовище розробки.
- AR Foundation - фреймворк, що забезпечує спільний API для розробки AR-додатків, які працюють на різних платформах, включаючи ARCore та ARKit.
- ARCore XR Plugin - плагін Unity, який забезпечує інтеграцію між AR Foundation і ARCore.
- Figma – редактор для створення прототипу додатку.
- Fusion 360 – для створення 3D - моделей.

Цей стек технологій надає можливість розробляти AR-каталоги, використовуючи Unity як основний інструмент розробки та ARCore як технологію AR для пристроїв Android. В свою чергу, AR Foundation та ARCore XR Plugin допоможуть легко отримати доступ до функціональності ARCore в Unity та розробити AR-додатки, які будуть працювати на різних платформах.

### 3.6 Реалізація додатку

Для реалізації AR-каталогу для примірки віртуальних 3D-моделей меблів та декору у реальному середовищі найкращим рішенням був метод AR без маркерів, адже користувач має мати змогу встановлювати об'єкти в будь-якому місці на будь-якій поверхні. Наприклад, розміщення моделі на підлозі, стіні, столі, тощо. Саме цей спосіб може допомогти у максимально простий спосіб користувачам спробувати розмістити продукт у приміщенні та детально роздивитись його.

Для створення без маркерної доповненої реальності в ARCore використовуються розширені алгоритми комп'ютерного зору та дані датчиків

із пристрою, таких як камера, геолокація та гіроскоп, щоб розуміти та відстежувати реальне середовище без потреби у попередньо визначених маркерах чи зображеннях. Відбувається цей процес таким чином [4]:

1. **Відстеження руху:** ARCore використовує камеру та датчики пристрою для відстеження положення та орієнтації пристрою в реальному світі. Він постійно аналізує подачу з камери, щоб виявляти та відстежувати візуальні особливості, такі як кути, краї та чіткі візерунки в навколишньому середовищі.
2. **Розуміння навколишнього середовища:** ARCore поєднує дані відстеження руху з інформацією про навколишнє середовище, щоб створити віртуальне представлення реального світу. Він використовує такі методи, як одночасна локалізація та відображення (SLAM), щоб зрозуміти геометрію та структуру оточення.
3. **Виявлення площини:** ARCore виявляє плоскі поверхні, такі як підлога, столи та стіни, у реальному світі. Він використовує дані камери та дані датчиків, щоб ідентифікувати та відстежувати ці поверхні, дозволяючи розмішувати та прив'язувати до них віртуальні об'єкти.
4. **Оцінка освітлення:** ARCore аналізує умови освітлення в навколишньому середовищі та надає інформацію про освітлення, щоб віртуальні об'єкти відображалися реалістично.

Поєднуючи ці методи, ARCore забезпечив без маркерний досвід AR, точно відстежуючи положення та орієнтацію нашого пристрою відносно реального світу, що дозволило віртуальним об'єктам плавно інтегруватися в середовище.

### 3.6.1 Розпізнавання площин. Створення віртуального маркера

При пересування користувачем пристроя, усі рухи відстежуються завдяки гіроскопу, після чого камера в проєкті рухається таким ж чином. Наступним ж кроком було зчитування поверхонь на які можна розташувати об'єкти. Проте, площин може бути одночасно багато, тому потрібно розрізнити на яку конкретну розташовувати обрану модель, тому рішенням було створення віртуального маркера (Рисунок 9). Він відображається по центру екрану і з'являється в тих місцях, де вже існує площина. В Unity існує компонент – AR Raycast Manager, що відповідає за так звані промені. Запускаються вони рівно із центра камери і засікають площину. Точка перетину променя з розпізнаною площиною є місцем розташування нашого маркера. Дизайн маркера було створено за допомогою Adobe Photoshop.

Програмування даного функціоналу відбувається в основному класі MainAR. Метод, що відповідає за встановлення маркеру – `AppearMarkerAndObj()`.

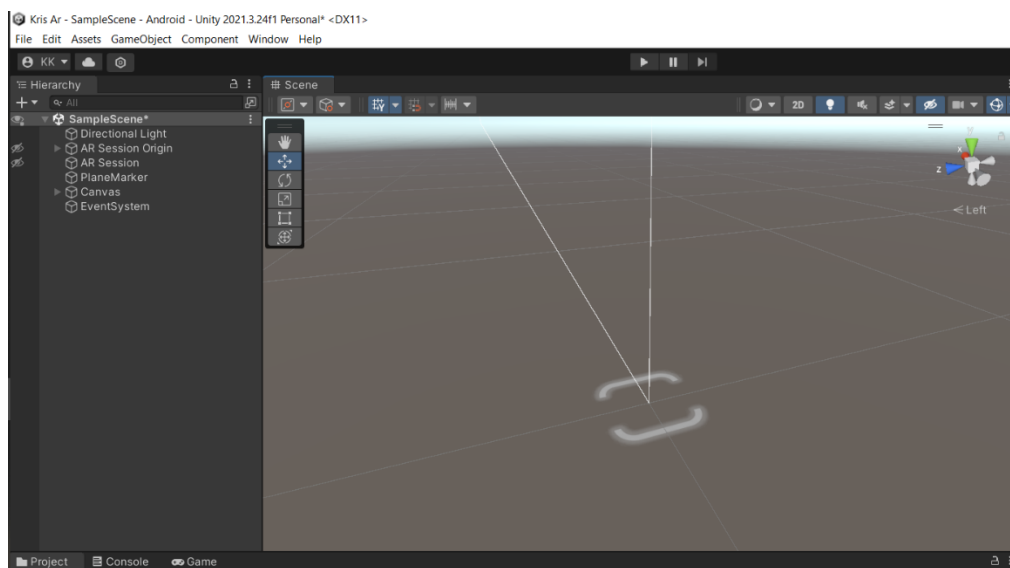


Рисунок 9 - Створення віртуального маркера

### 3.6.2 Встановлення 3D-моделей

Для демонстрації роботи даного застосунку було створено декілька 3D-моделей та імпортовано їх у проект. На сцені важливо розмістити моделі у тому ж місці, де розташовано маркер, щоб вони з'являлись чітко на ньому. Після цього також важливим кроком є переміщення усіх моделей у папку ModelsCopy створюючи при цьому копії, що надасть можливість додавати до реального світу не одну модель, а багато.

Програмування даного функціоналу відбувається в основному класі MainAR. Метод, що відповідає за встановлення маркеру - `AppearMarkerAndObj ()`.

### 3.6.3 Створення каталогу з товарами

Було створено горизонтальний випадаючий список – `Scroll View`, який гортається зліва направо для можливості додавання великої кількості товарів. Розміщений він внизу екрана для зручності і з'являється лише після натискання на кнопку «Catalog» та зникає під час роботи з певним об'єктом, щоб не загроможувати екран. Програмування кнопки «Catalog» відбувається у класі `Catalog`. У `Scroll View` було додано кнопки, які відповідають за певний товар. За роботу з даними кнопками відповідають такі компоненти як: `Horizontal Layout Group` – розміщення елементів горизонтально та послідовно, `Content Size Filter` – розмір контенту. Фоном кнопок слугують зображення товарів на білому фоні у форматі `Sprite`.

Програмування даного функціоналу відбувається в класі `FromCatalog`. Його потрібно обов'язково накинути на кожну з кнопок, що відповідають за товар.

Для роботи в даному класі використовуємо бібліотеку `UnityEngine.UI`.

Метод, що відповідає за встановлення маркеру – `void AppearMarkerAndObj()`.

При натисканні на певну кнопку зі списку, об'єкт, що у ній міститься переміщується в клас MainAR.

### 3.6.4 Переміщення об'єктів по площині

Для того, щоб обрати віртуальний доданий до реального середовища об'єкт було створено теги: Select – обраний об'єкт та UnSelect – не обраний об'єкт. Так як промені проходять через доданий віртуальний контент, тому є можливість фіксувати не лише об'єкт, а і площину. Щоб пересунути обраний об'єкт – потрібно перемістити його у місце перетину променя з площиною. Рухаючи пальцем по екрану місце перетину буде змінюватись, а значить і розташування об'єкту також. Важливо додати до об'єктів такий компонент, як BoxCollider (Рисунок 10) – для встановлення області предмету, яка відповідає за його переміщення.

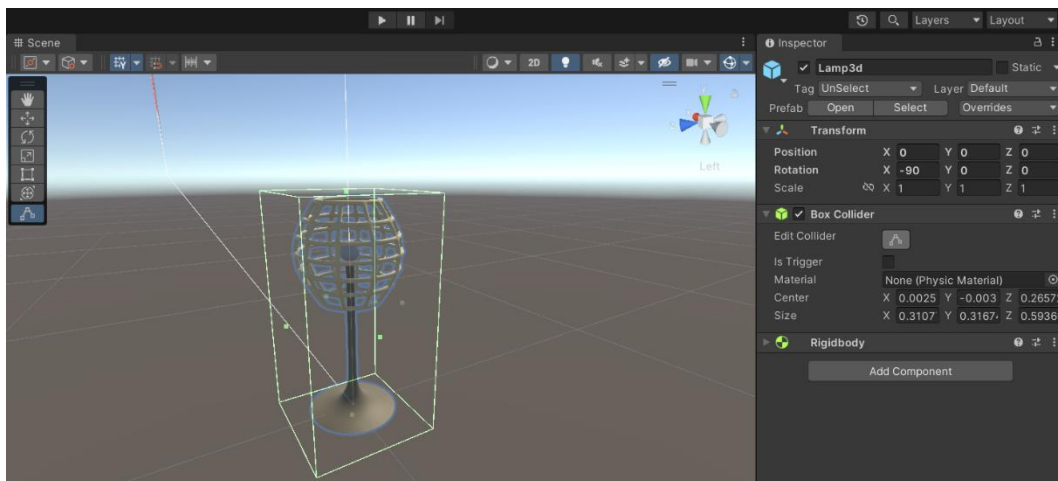


Рисунок 10 - Налаштування Box Collider для моделі

Програмування даного функціоналу відбувається в основному класі MainAR. Метод, що відповідає за переміщення віртуальних об'єктів – void MoveRotDel().

### 3.6.5 Обертання та видалення об'єктів

Для того, щоб обертати встановлений об'єкт в Unity можна задавати кути обертання – Quaternions. Було створено змінну типу Quaternion, котра містить кути по трьох осях. Обертання було виконано навколо осі у (вліво / вправо). Кнопка, що вмикає функцію обертання – «Rotate». На неї було накинуто клас Rotate.

Для видалення встановленого об'єкта в Unity використовується функція – Destroy. Кнопка, що вмикає функцію видалення – «Delete». На неї було накинуто клас Delete.

Програмування функцій обертання та видалення відбувається в класах MainAr в методі MoveRotDel(), Rotate та Delete.

## 3.7 Результати розробки

У результаті було розроблено мобільний додаток (Рисунок 11) з використанням технології доповненої реальності для електронної комерції. Застосунок під назвою «TRY-ON furniture edition» демонструє можливості примірки віртуальних об'єктів у реальному середовищі, що надає яскравий користувацький досвід. Користувач має можливість додавати віртуальні 3D – об'єкти із каталогу у реальне середовище та встановлювати їх на поверхнях, а також переміщувати їх, крутити навколо осі та видаляти. Усі перелічені функції дозволяють роздивитись, приміряти та детально ознайомитись з бажаним об'єктом, що зменшить вірогідність обрати не той товар, що потрібно.

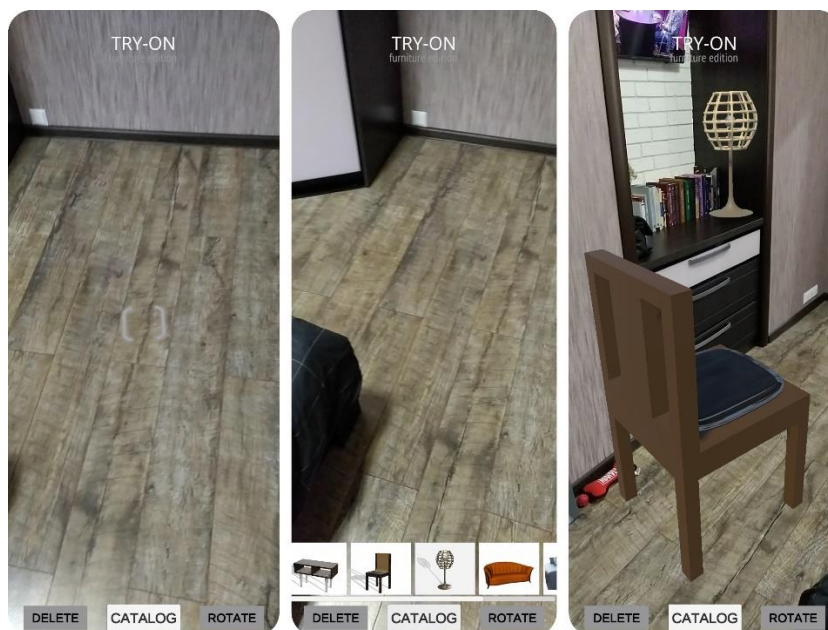


Рисунок 11 - Додаток "TRY-ON"

### 3.7.1 Інструкція користувача

Початковий екран містить лише три кнопки внизу, а саме: «Catalog», «Delete» та «Rotate». Для того, щоб відкрити каталог з доступними товарами для примірки, потрібно натиснути на кнопку «Catalog». Після цього на екрані над кнопкою «Catalog» з'явиться горизонтальний список з товарами.

(Рисунок 12)



Рисунок 12 - Початковий екран та відкритий каталог

Для того, щоб розмістити віртуальний модель на площині, потрібно натиснути на зображення бажаного товару з каталогу після чого посередині екрану з'явиться віртуальний маркер. Він показує розпізнані площини та конкретне місце, де може бути встановлено 3D-модель. Щоб встановити обрану модель, потрібно натиснути на екран і об'єкт з'явиться у місці, де знаходився маркер у момент натискання на екран. (Рисунок 13)

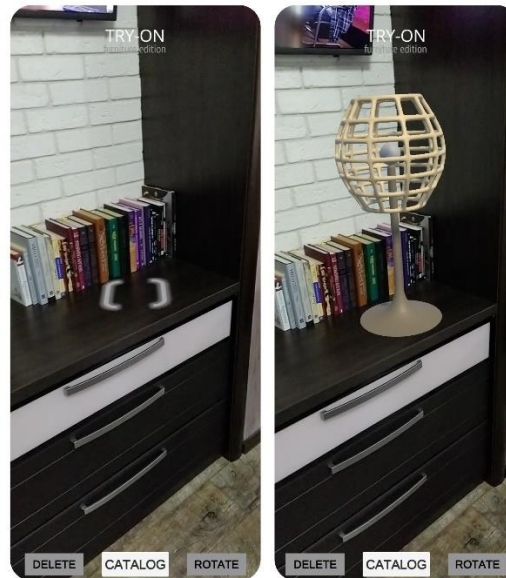


Рисунок 13 - Встановлення об'єкта на маркері

З встановленим об'єктом можна робити три основні дії, а саме: переміщувати, обертати та видаляти. Функція переміщення доступна, коли кнопки «Rotate» та «Delete» - сірого кольору, що значить їх не активність. Для того, щоб переміщувати об'єкт, достатньо натиснути на нього та не відриваючи палець водити по екрану.

Функція ж видалення доступна, коли кнопка «Rotate» - сірого кольору, що значить її не активність. Для того, щоб видалити об'єкт, достатньо натиснути на кнопку «Delete», після чого вона стане білого кольору, що означає її активність (Рисунок 14). Тепер можна видаляти будь-які встановленні об'єкти лише натиснувши на них. Після закінчення видалення, потрібно вимкнути кнопку «Delete» натиснувши на неї.

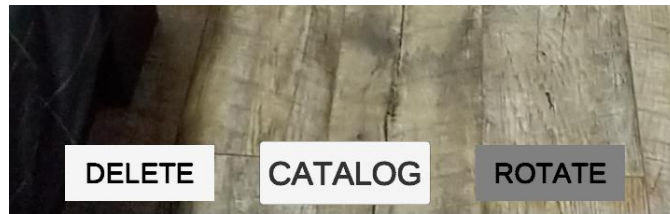


Рисунок 14 - Активна кнопка "Delete"

Функція обертання доступна, коли кнопка «Delete» - сірого кольору (), що значить її не активність. Для того, щоб повернути об'єкт, достатньо натиснути на кнопку «Rotate», після чого вона стане білого кольору, що означає її активність (Рисунок 15). Тепер можна обертати будь-які встановленні об'єкти лише натиснувши на них та утримуючи палець на об'єкті рухати його в сторони. Після закінчення обертання, потрібно вимкнути кнопку «Rotate» натиснувши на неї.

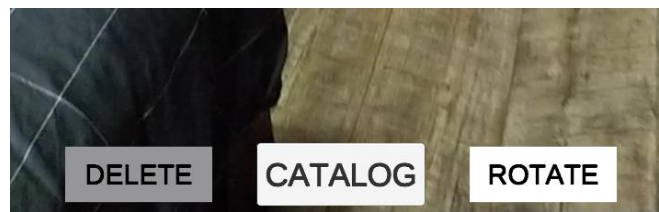


Рисунок 15 - Активна кнопка "Rotate"

### 3.8 Проблеми та їх вирішення

При реалізації додатку не виникало серйозних проблем, адже було виконано ретельну підготовку та прописано усі вимоги до застосунку, а також розроблено UI-дизайн. Проте, на етапі тестування все ж було визначено декілька проблем:

1. **Зчитування поверхні:** не було зрозуміло чи зчитав додаток потрібну нам поверхню від чого залежало коректне розміщення предмету. Наприклад, стілець міг бути розміщений замість підлоги на столі, тощо.
2. **Загромаджений екран:** усі кнопки та вміст каталогу розміщається на екрані поверх камери, що не є зручним при

встановленні віртуального об'єкта у реальний світ та при бажанні покрутити його, роздивитись.

3. **Подвійне додавання 3D-моделі:** при натисканні на кнопку товару - об'єкт встановлювався у місце, де знаходився маркер у момент натискання на кнопку.
4. **Активний / неактивний режим кнопок «Delete» та «Rotate»:** через неявну видимість натиснутої кнопки не було зрозуміло в якому режимі користувач зараз перебуває. Наприклад, думаючи, що знаходишся у режимі пересування об'єкту випадково видаляєш його, адже не вимкнув режим «Delete».

Усі перелічені проблеми викликали негативні емоції та незручність у використанні, тому було знайдено шляхи до виправлення даних проблем.

1. **Зчитування поверхні:** щоб було наглядно видно, яка поверхня у даний момент часу зчитується додатком та щоб наочно було видно куди розміститься об'єкт було реалізовано віртуальний маркер. Він розміщується посередині екрану на певній поверхні, яку було виявлено додатком та показує точне місце розміщення об'єкту.
2. **Загромаджений екран:** дану проблему було вирішено зниканням горизонтального каталогу в момент натискання на певний об'єкт для розміщення його на сцені. Було створено змінну типу bool. Коли об'єкт для встановлення не обрано – true, тому каталог видно на екрані, а коли об'єкт для встановлення обраний, змінна приймає значення – false та каталог зникає. Щоб знов відкрити каталог та побачити список товарів, потрібно ще раз натиснути на кнопку «Catalog».
3. **Подвійне додавання 3D-моделі:** щоб об'єкт встановлювався не одразу при натисканні на кнопку товару, було вирішено встановити таку умови: поки об'єкт не було обрано ми не можемо його встановити, тому маркет видно не буде. Для цього було створено змінну типу Boolean. Якщо об'єкт обраний – true, то

спрацьовує метод `AppearMarkerAndObj()`, якщо `ні` – `false`, то маркер зникає до моменту поки не буде обрано наступний об'єкт для встановлення.

4. **Активний / неактивний режим кнопок «Delete» та «Rotate»:**  
щоб візуально бачити, яка з функцій у якому режимі знаходиться, було вирішено змінювати колір кнопок. Коли кнопки «Delete» та «Rotate» вимкнені вони мають сірий колір, коли ж кнопка «Delete» або «Rotate» увімкнена, то вона стає білого кольору.

Отже, усі проблеми, які виникли під час реалізації та тестування були успішно усунуті.

## Висновки

У даній кваліфікаційній роботі було досліджено використання доповненої реальності в електронній комерції. Метою дослідження було дослідження та аналіз потенційних переваг та можливостей застосування AR для покращення користувальницького досвіду та збільшення продажів в електронній комерції, а також створення мобільного додатку з використанням AR технології.

У ході дослідження були проаналізовані сучасні тренди в електронній комерції із застосуванням технології AR. В результаті було визначено основні переваги використання доповненої реальності, такі як: візуалізація товарів у реальному середовищі користувача, інтерактивність, залучення користувачів, зменшення повернень, тощо.

На основі отриманих даних був розроблений прототип мобільного додатку під Android, а саме AR-каталогу для магазину меблів та декору, який дозволяє користувачам додавати віртуальні об'єкти в реальному часі прямо у своє житло та мати можливість детально розглядати їх. Реалізація додатку була виконана з використанням платформи Unity та ARCore SDK, що дозволило продемонструвати можливості технології доповненої реальності. Після тестування було визначено декілька проблем, проте були знайдені шляхи до їх вирішення.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що використання доповненої реальності в електронній комерції є досить інноваційним та надає досить багато можливостей. Технологія AR може позитивно впливати на бізнес з усіх сторін, адже за рахунок покращення користувальницького досвіду, продажі також будуть зростати та кількість повернень товару значно знизиться.

Результати даної роботи можуть зробити внесок у розвиток електронної комерції та надати корисну інформацію для компаній, котрі прагнуть інтегрувати AR у свої платформи електронної комерції. Адже, доповнена

реальність є перспективним напрямком розвитку, що може принести значні переваги для бізнесу та задовольнити потреби користувачів. Зокрема, власники комерційних онлайн платформ зможуть збільшити прибуток та залучити більше клієнтів до свого бізнесу, тоді як у потенційних покупців значно знизиться страх отримати негативний досвід купівлі, адже значно зменшиться ризик, що обраний товар не буде відповідати очікуванням.

## Список ілюстрацій

Рисунок 1 – AR-додаток Ikea .....	24
Рисунок 2 - AR-додаток Amazon .....	25
Рисунок 3 – AR-додаток Nike .....	25
Рисунок 4 - AR додаток Sephora .....	26
Рисунок 5 - Створення прототипу додатку .....	32
Рисунок 6 - Логотип додатку .....	33
Рисунок 7 - Створення 3D-моделі "Table" у Fusion 360 .....	34
Рисунок 8 - Ієрархія об'єктів у сцені .....	34
Рисунок 9 - Створення віртуального маркера.....	38
Рисунок 10 - Налаштування Box Colider для моделі .....	40
Рисунок 11 - Додаток "TRY-ON" .....	42
Рисунок 12 - Початковий екран та відкритий каталог.....	42
Рисунок 13 - Встановлення об'єкта на маркері.....	43
Рисунок 14 - Активна кнопка "Delete" .....	44
Рисунок 15 - Активна кнопка "Rotate" .....	44

## Список використаної літератури

1. 7 Benefits of Augmented Reality in Retail and E-Commerce. URL: <https://jaydevs.com/benefits-of-augmented-reality-in-retail-and-ecommerce/>
2. AR Catalogue. URL: [https://invelon.com/en/arcatalogue/#:~:text=AR%20Catalogue%20is%20an%20Augmented,on%20sale%20\(product%20catalogue\).](https://invelon.com/en/arcatalogue/#:~:text=AR%20Catalogue%20is%20an%20Augmented,on%20sale%20(product%20catalogue).)
3. AR vs. VR vs. MR vs. XR: What's the Difference? URL: <https://www.lifewire.com/ar-vs-vr-vs-mr-vs-xr-7089737>
4. ARCore. URL: <https://developers.google.com/ar/develop>
5. ARCore. Список пристроїв, що підтримують. URL: <https://developers.google.com/ar/devices>
6. ARKit. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit/>
7. Augmented reality (AR) in e-commerce and retail: What's next for brands? URL: <https://whiplash.com/blog/augmented-reality-in-ecommerce/>
8. Augmented reality vs. virtual reality vs. mixed reality. URL: <https://www.techtarget.com/searcherp/feature/AR-vs-VR-vs-MR-Differences-similarities-and-manufacturing-uses>
9. Fusion 360. URL: <https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/?guid=GUID-1C665B4D-7BF7-4FDF-98B0-AA7EE12B5AC2>
10. History of Augmented Reality. URL: <https://svarmony.com/blog/history-of-ar/>
11. IKEA catalog uses augmented reality to give a virtual preview of furniture in a room. URL: <https://newatlas.com/ikea-augmented-reality-catalog-app/28703/>
12. Navneet G. (2021). Evolution in E-Commerce with Augmented Reality. IOP Publishing Ltd. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1012/1/012041/meta>
13. Pros and Cons of Augmented Reality Apps Development in 21st Century. URL: <https://www.aalpha.net/blog/pros-cons-augmented-reality-apps-development/>

14. Understanding the Types of Augmented Reality. URL:  
<https://innovatar.io/types-augmented-reality/>
15. Unity. URL: <https://docs.unity.com/>
16. Vuforia. URL: <https://library.vuforia.com/>
17. Yunqiang C. (2019). An overview of augmented reality technology. IOP Publishing Ltd. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1237/2/022082/meta>
18. Клієнти готові платити більше, якщо продукт можна оцінити в доповненій реальності. Ось як її впроваджують в e-commerce. URL:  
<https://forbes.ua/business/klienti-gotovi-platiti-bilshe-yakshcho-produkt-mozhna-otsiniti-v-dopovneniy-realnosti-chas-vprovaditi-ii-v-e-commerce-09042021-1328>
19. Прототип додатку у Figma. URL:  
<https://www.figma.com/file/aEOPmezaFP5DBT5liBY56O/TRY-ON?type=design&node-id=0%3A1&t=2PrORIsNVbgtvYRI-1>