

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
Кафедра технології поліграфічного виробництва**

**До захисту допущено:  
Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Тетяна КИРИЧОК

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою  
«Технології друкованих і електронних видань»  
спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія»**

на тему: «AR-додаток для розпізнавання дефектів на друкованій продукції із деталізацією процесу його створення»

Виконав: студент IV курсу, групи СТ-01

Гірман Артем Вікторович \_\_\_\_\_

Керівник      доцент кафедри ТПВ, к.т.н.,  
Золотухіна Катерина Ігорівна

\_\_\_\_\_

Консультант з економічної частини  
доцент кафедри ТПВ, к.т.н.  
Олійник Володимир Григорович

\_\_\_\_\_

Рецензент    в.о. зав. кафедри МАПВ, д.т.н., професор  
Зенкін Микола Анатолійович

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ-2024 року



НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут  
Кафедра технології поліграфічного виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність 186 «Видавництво та поліграфія»  
Освітньо-професійна програма «Технології друкованих і електронних видань»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Тетяна КИРИЧОК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ  
Гірману Артему Вікторовичу

**1. Тема проєкту:** «AR-додаток для розпізнавання дефектів на друкованій продукції із деталізацією процесу його створення»

**Керівник проєкту** Золотухіна Катерина Ігорівна, к.т.н., доц.  
затвержені наказом по університету від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р. № \_\_\_\_\_

**2. Строк подання** студентом закінченого проєкту 12 червня 2024 р.

**3. Вихідні дані до проєкту:** вихідними даними до розроблення проєкту має бути аналіз сучасних технологій та напрямів створення друкованих продуктів та мультимедійних додатків до них, зокрема додатків доповненої реальності, особливості структури та їх наповнення, апаратного, технічного і програмного забезпечення для їх створення; науково-технічна література за темою проєкту. Результатом проєкту повинен бути AR-додаток з детальним розробленням конструкції, структури та наповнення контентом, а також розроблений ефективний технологічний процес створення кінцевого продукту. Розроблені конструктивні компоненти продукту, а також продукт в цілому повинні містити необхідну інформацію, а також бути зрозумілими та функціональними.

**4. Зміст пояснювальної записки**

Провести аналіз сучасних видів мультимедійних додатків відповідної тематики. Встановити для продукції цільову аудиторію, інформаційне наповнення, умови доступу до інформації. На основі отриманих відомостей, обрати основні їх характеристики. За обраними технічними характеристиками необхідно розробити концепцію та структуру продукту, за обраними параметрами, запроектувати ефективний технологічний процес: введення, опрацювання, компонування текстової, ілюстраційної інформації, вибрати необхідне обладнання для виконання всіх технологічних операцій.

Розробити: технологічний процес створення AR-додатку в цілому та процесу розроблення конструкції; план приміщення, структурну схему КС, вимоги до обладнання для відтворення продукції, детальну маршрутну-технологічну карту.

Детально проаналізувати технології створення AR-додатків і визначити раціональну та оптимальну технологію їх розроблення.

Розробити проєкт дільниці зі створення AR-додатків.

**5. Перелік графічного матеріалу** (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): радіальні діаграми вибору обладнання та програмного забезпечення для здійснення технологічних процесів – 1–2 рисунки (обов'язково); узагальнена блок-схема технологічних процесів – 1 рисунок (обов'язково); конструкція AR-додатку 1–4 рисунки (обов'язково); алгоритм технологічного процесу – 1 рисунок (обов'язково); план дільниці – 1 рисунок; функціональні та структурні схеми мережі – 1 рисунок.

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4. Економічна частина	Олійник В. Г., доцент кафедри ТПВ		

7. Дата видачі завдання 23 лютого 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
	Вступ	до 15.04.2024 р.	
1.	Конструкторська частина	до 15.04.2024 р.	
2.	Технологічна частина	до 25.04.2024 р.	
3.	Організація робочого місця	до 01.05.2024 р.	
4.	Економічна частина	до 15.05.2024 р.	
	Висновки та список використаних джерел	до 01.06.2024 р.	
	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	до 01.06.2024 р.	
	Здавання проєкту на кафедру для рецензування	до 12.06.2024 р.	

Студент \_\_\_\_\_ Артем ГИРМАН

Керівник проєкту \_\_\_\_\_ Катерина ЗОЛОТУХІНА

# **Пояснювальна записка**

## **до дипломного проекту**

на тему: AR-додаток для розпізнавання дефектів на друкованій продукції із деталізацією процесу його створення

Київ – 2024 року

## РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт містить 88 с., 35 рис., 30 таблиць., 39 літературних джерел.

Тема дипломного проєкту — «AR-додаток для розпізнавання дефектів на друкованій продукції із деталізацією процесу його створення».

Мета роботи — розроблення технологічного процесу виготовлення AR-додатку для розпізнавання дефектів на друкованій продукції.

У дипломному проєкті проаналізовано варіанти розроблення мультимедійних додатків. Здійснено вибір програмного забезпечення для розроблення додатку та апаратного забезпечення, що відповідає мінімальним системо-технічним вимогам. Виконані необхідні технологічні розрахунки. Складено узагальнену блок-схему процесу створення додатку.

Розроблено алгоритм процесу створення AR-додатку, запроєктовано робоче місце для виконання технологічного процесу створення AR-додатків. Виконано економічні розрахунки.

МУЛЬТИМЕДІЙНІ ДОДАТКИ, ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ,  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ДРУКОВАНА  
ПРОДУКЦІЯ, ЗАХИСТ

## АНОТАЦІЯ

Сувенірна та подарункова продукція втілює творчий задум та може нести інформацію про свого автора. Подарунки та сувеніри справляють враження на того, кому їх дарують, завдяки унікальному дизайну, матеріалам та способам взаємодії. Тому доцільно розглянути способи підвищити унікальність сувенірів. Дизайн естетично приваблює власника та захищає виріб від підробок.

Захист від несанкціонованого копіювання є важливою проблемою. Відомі способи вирішення цієї проблеми через реєстрацію дефектів друку. Існує технічна можливість ідентифікувати дефекти, що виникають при друці офсетним, флексографічним чи ротогравюрним друком, за допомогою технологій комп'ютерного зору. Для розпізнавання маркерів доповненої реальності існують різноманітні додаткові програми, так звані плагіни (англ. Plug-in). Деякі з них доступні для завантаження у ігрових рушіях.

Вивчення властивостей поліграфічних матеріалів та технологій друку у виготовленні подарункової та сувенірної продукції має підготувати матеріально-технічну базу для обладнання робочого місця на підприємстві. Використання плагінів доповненої реальності розширює технологічний процес із включенням додаткових одиниць устаткування. Вибір технологічного процесу із вибором технології друку допомагає створити мультимедійний додаток, який захищає сувенір від підробки.

## ABSTRACT

Augmented reality applications offer an interesting interaction with the world around us. It can be used both for entertainment and for visualizing technological processes. The difference between augmented reality and virtual reality is the need for special equipment to perceive a fully virtual world. Instead, augmented reality makes use of an ordinary smartphone. This is more expedient in terms of reaching more users.

This diploma project aims to develop an augmented reality application for recognizing defects in offset printing products. The result of the work should be a multimedia application for the Android operating system.

The target group of offset printing products here are souvenirs and presents, although other kinds of offset printed pieces provide relevant use cases as well.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
<b>1. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....</b>	<b>12</b>
1.1 Аналіз тенденцій розвитку мультимедійних додатків доповненої реальності.....	12
1.2 Аналіз компонентів, що будуть входити до складу додатку.....	20
1.2.1 Аналіз змісту, структури, наповнення додатку.....	20
1.2.2 Встановлення вимог до AR-додатку та друкованої продукції до нього	22
1.2.3 Різновиди дефектів, на які орієнтований AR-додаток.....	22
1.3 Технічне завдання на розробку AR-додатку .....	23
1.4 Визначення пріоритетних параметрів AR-додатку.....	23
1.5 Розробка конструкції AR-додатку.....	27
1.6 Вибір відповідного шрифтового та колірнього оформлення .....	29
1.7 Розробка графічного дизайну AR-додатку .....	35
Висновки до розділу 1 .....	38
<b>2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>39</b>
2.1 Вибір технологічного процесу виготовлення AR-додатку.....	39
2.2 Вибір апаратно-технічного забезпечення .....	39
2.3 Вибір методів та засобів контролю.....	44
2.4 Вибір програмних засобів для виготовлення AR-додатку .....	45
2.5 Блок-схема технологічного процесу виготовлення AR-додатку.....	46
2.6 Технологічні розрахунки .....	48
2.6.1 Розрахунок завантаження по операціях .....	48
2.6.2 Розрахунок часу по операціях.....	49
2.6.3 Розрахунок трудомісткості виконання операцій .....	49
2.6.4 Циклограма виконання технологічного процесу .....	49
2.7 Оновлена блок-схема технологічного процесу .....	50
2.8 Маршрутно-технологічна карта виготовлення AR-додатку.....	52
Висновки до розділу 2 .....	55
<b>3. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ВИКОНАННЯ ПРОЦЕСУ КОНСТРУЮВАННЯ .....</b>	<b>56</b>
3.1 Розробка алгоритму процесу створення AR-додатку .....	56
3.2 Вимоги до робочого місця виконання процесу.....	57
3.3 Аналіз умов обслуговування робочого місця.....	57

3.4 Проектування плану робочого місця .....	61
Висновки до розділу 3 .....	62
<b>4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>63</b>
4.1 Розрахунок витрат на придбання ліцензій до програмних продуктів .....	63
4.2 Розрахунок витрат на заробітну плату.....	63
4.3 Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування .....	63
4.4 Розрахунок собівартості виготовлення AR-додатку .....	70
Висновки до розділу 4 .....	70
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>72</b>
Список використаних джерел.....	73
Додатки .....	77

## ВСТУП

Основною метою та завданням дипломного проєкту є створення оптимального технологічного процесу, який відповідає поточним тенденціям у видавничо-поліграфічній галузі та дозволить виготовити високоякісний мультимедійний додаток.

Сувенірно-подарункова продукція слугує для особливих подій, наприклад, як подарунок на день народження, або для презентації компанії під час бізнес-переговорів. Ця продукція є унікальною, на відміну від масової продукції.

Створення фірмового сувеніру та його розповсюдження є дієвим способом стимулювати збут продукції. Окрім даної задачі, активне використання фірмових сувенірів сприяє збереженню постійного клієнта [1].

Роль сувенірної продукції є значною у бізнесі та продажах, таким чином сувенірно-подарункова продукція поділяється на категорії, що вирішують конкретне завдання цих галузей. Розрізняють наступні види продукції: [1]

- Промо-сувеніри – допомагають збільшувати продажі компанії. Зазвичай це утилітарні речі такі як ручки, блокноти, запальнички, термоси. Такі сувеніри дарують споживачам, а не колегам чи партнерам у бізнесі.
- Бізнес-сувеніри – залучають партнерів по бізнесу до співпраці з компанією. Можуть бути у вигляді одягу та мерчандайзу із фірмовим стилем компанії.
- VIP-сувеніри – дорогі та ексклюзивні подарунки, які адресовані конкретній людині. Завдяки таким сувенірам можливо висловити прихильність компанії чи окремих осіб до адресата [1].

Мультимедійні додатки доповненої реальності AR (англ. Augmented reality) використовуються для створення нового іммерсивного досвіду користувача із брендом. AR-додатки доступні на смартфоні користувача – якщо користувач наводить камеру смартфона перед собою на зображення-маркер, він може візуалізувати додаткові 2D-та 3D зображення, наприклад, 3D-моделі [2].

## 1 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз тенденції розвитку мультимедійних додатків доповненої реальності

Мультимедійні додатки доповненої реальності або AR-додатки (AR від англ. Augmented Reality) є розвитком технологій, що комбінують реальне оточення із додатковими мультимедійними елементами. Це потрібно для поліпшення досвіду користувача такого додатку, адже інколи потреби людини вимагають відтворити речі, які важко або неможливо створити в реальності.

Ідея доповненої реальності походить з початку 20-ого століття. У 1901 році американський письменник Л. Френк Баум описав у своєму творі «Ключ Майстра» ідею окулярів, які накладають інформацію на реальне життя, тобто на людей. Головний герой Роб користувався окулярами, яка називалися «Творець істот», для визначення якостей інших персонажів, наприклад, добрі мали на лобі літеру К, жорстокі - літеру С (від англ. Cruel – жорстокий) тощо [3].

У 1961 році американський кінематографіст Мортон Гейліг запатентував віртуальний симулятор Сенсорама (англ. Sensorama) (рис.1.1) для навчання солдат збройних сил експлуатації та обслуговування складного дорогого обладнання з мінімальними ризиками для життя. Використання цього апарату нагадувало серію подій, які мали задіяти відчуття стереозвуку, кольору, запаху, а також вітру та вібрацій – це були поїздка на мотоциклі через Бруклін (з вібрацією сидіння, імітація роботи двигуна мотоцикла, запахом випікання піци, вітром від стратегічно розміщених вентиляторів, голосами людей, що йдуть по тротуарах) зображення танцівниці живота (з дешевими парфумами) [4].

Використання доповненої реальності є можливим у різноманітних видах діяльності людини. Наприклад, дансько-ісландський художник Олафур Еліассон свідомо використовує взаємодію світла, води та матеріалів для створення складних оптичних інсталяцій у тривимірному просторі. Одна з його робіт, «Відсутня ліва півкуля» 2022 року (рис.1.2) демонструє симетричні

послідовності, які утворюють цілісну композицію завдяки відбиттю за заломленню світла через скляні лінзи та кольорові фільтри [5].



Рис.1.1 Рекламний постер віртуального симулятора Sensorama

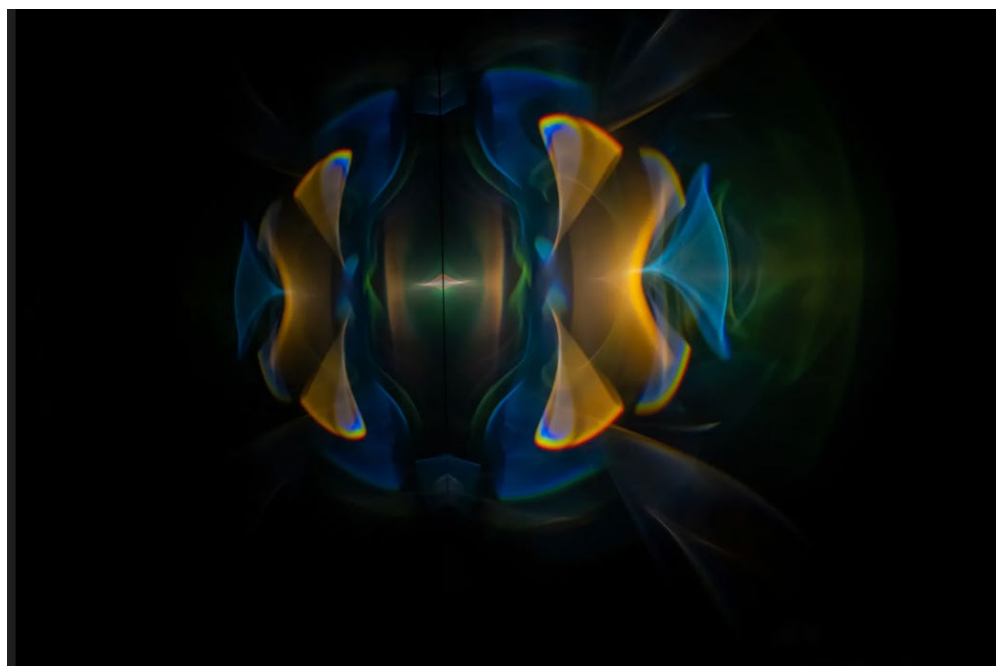


Рис.1.2 Інсталяція із оптичними ефектами «Відсутня ліва півкуля»

На ринку AR-додатків існують два альтернативних рішення для візуалізації тривимірних об'єктів – за допомогою використання спеціального

додатка для смартфонів або без нього. Різниця полягає у призначенні такої візуалізації та технології, за допомогою якої генерується 3D-об'єкт.

Компанія Fuse Innovation розробила технологію з назвою AR-in-Print для взаємодії із друкованою продукцією через смартфон [6]. Користувач наводить камеру смартфона на друковану продукцію та бачить моделі реальних об'єктів. Ця розробка не використовує окремий додаток на смартфоні – компанія накладає спеціальний QR-код або NFC мітку, які слугують маркером, на замовлення клієнта на поверхню брошури, листівки або іншої продукції. Користувач сканує цей маркер камерою смартфона (ОС iOS) або через NFC модуль (ОС Android) та переходить на веб-сайт компанії, де відбувається генерація AR-об'єктів на екрані смартфона. Прикладами роботи технології AR-in-Print від Fuse Innovation є модель Сонячної Системи (рис.1.3), модель Білого Дому на банкноті 1 долар (рис.1.4) та модель стадіону із інфографікою для чемпіонату з футболу (рис.1.5).



Рис.1.3 Модель Сонячної системи, створена через технологію AR-in-Print

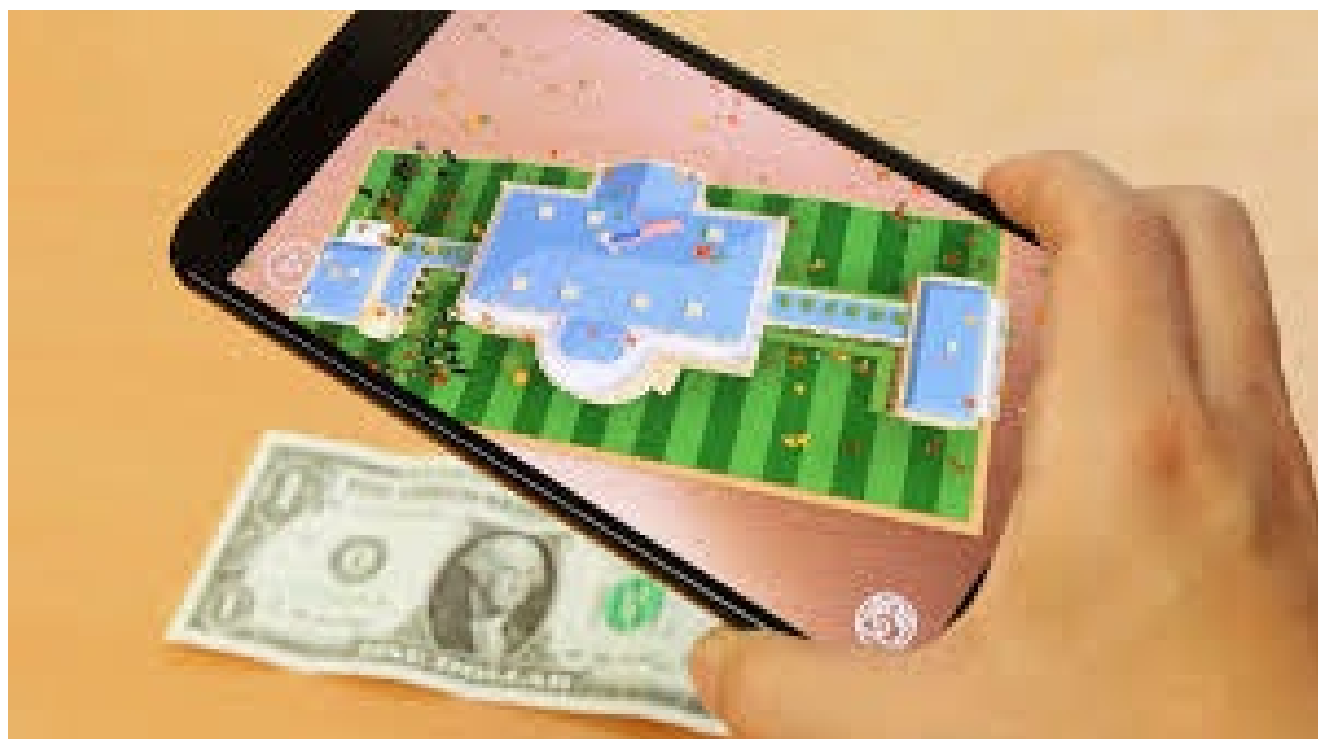


Рис.1.4 Модель Білого Дому, проєктована на банкноту 1 долар через AR-in-Print



Рис.1.5 Модель стадіону через AR-in-Print

Технологія AR-in-Print є частиною напрямку розробок WebAR, який розвивається в бік використання веб-сторінок мережі Інтернет на мобільних пристроях для того, аби «оживити» друковані продукти.

Компанія Fuse Innovation створила значно ширшу лінійку продуктів із використанням доповненої реальності, а саме NFC продукти з активацією NFC модуля від руху (англ. NFC Products) (1.6) та пакування із відео (англ. Video Packaging) (рис.1.7) тощо, яка є перспективною з точки зору збереження друкованої продукції та її переосмислення у світі, де багато інформації споживається в електронному вигляді [6].



Рис.1.6 Підсвітка тексту від активації NFC модуля

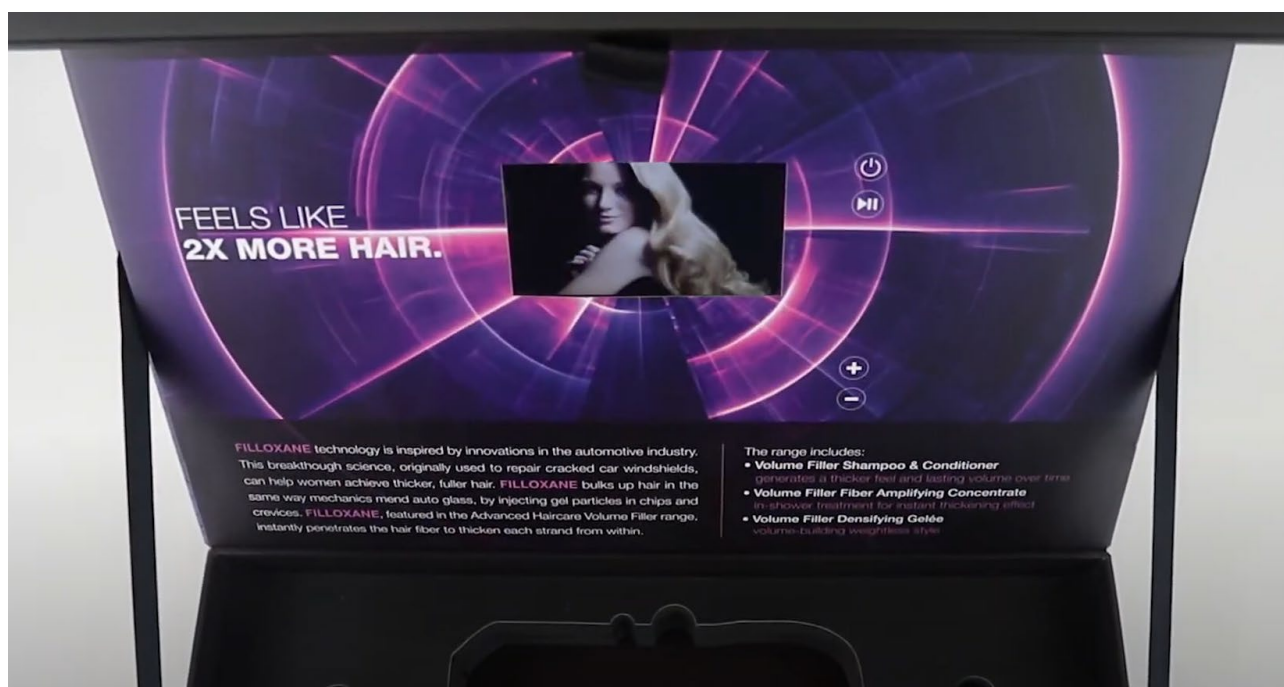


Рис.1.7 Пакування із відео від Fuse Innovation

Дана розробка є особливо доречною у поліграфії, адже вона пропонує новий вид взаємодії із друкованими примірниками, який був неможливий до активного розвитку AR-технології. Однак цінність технології для розпізнавання дефектів друку потребує підтвердження. Варто зауважити, що дана технологія була використана компанією-розробником саме для доповнення контенту, а не аналізу властивостей задрукованої поверхні.

Альтернативний підхід пропонує французька компанія Ze-Company – використання додатка на смартфон під торговою маркою AR Print. За словами компанії на офіційному вебсайті, «додаток з'єднує будь-який візуальний носій, який можливо розпізнати, із доповненою реальністю» [7].

Для користування додатком AR Print необхідно надати компанії власний маркер та 3D-об'єкт або відео для відображення після чого компанія пов'яже маркер із ними. Маркер зберігається у компанії протягом періоду 1, 6 або 12 місяців, а користувач самостійно завантажує додаток на смартфон та виконує сканування маркера для того, аби об'єкти доповненої реальності з'явилися на екрані [7].

На вебсайті компанії Ze-Company представлено візуалізацію 3D-об'єктів одягу та аксесуарів, які можливо переглянути за натиском кнопок 1, 2 або 3 (рис.1.8).



Рис.1.8 Візуалізація роботи додатку AR Print у вигляді моделей одягу

Робота самого додатку AR Print продемонстрована у відеороликах на сервісі YouTube. Спочатку користувач наводить камеру на друкований продукт, аби він потрапив усередину білої рамки (рис.1.9). На екрані є текст.



Рис.1.9 Захоплення друкованої продукції

Згодом з'являється екран очікування, який охоплює площу друкованої продукції у рамці. При цьому, процесом можливо управляти через кнопки

інтерфейсу, що зв'яляються у вигляді панелі справа (рис.1.10) – кнопки Зупинити (зверху), Почати роботу (посередині) та Повернутися назад (знизу).

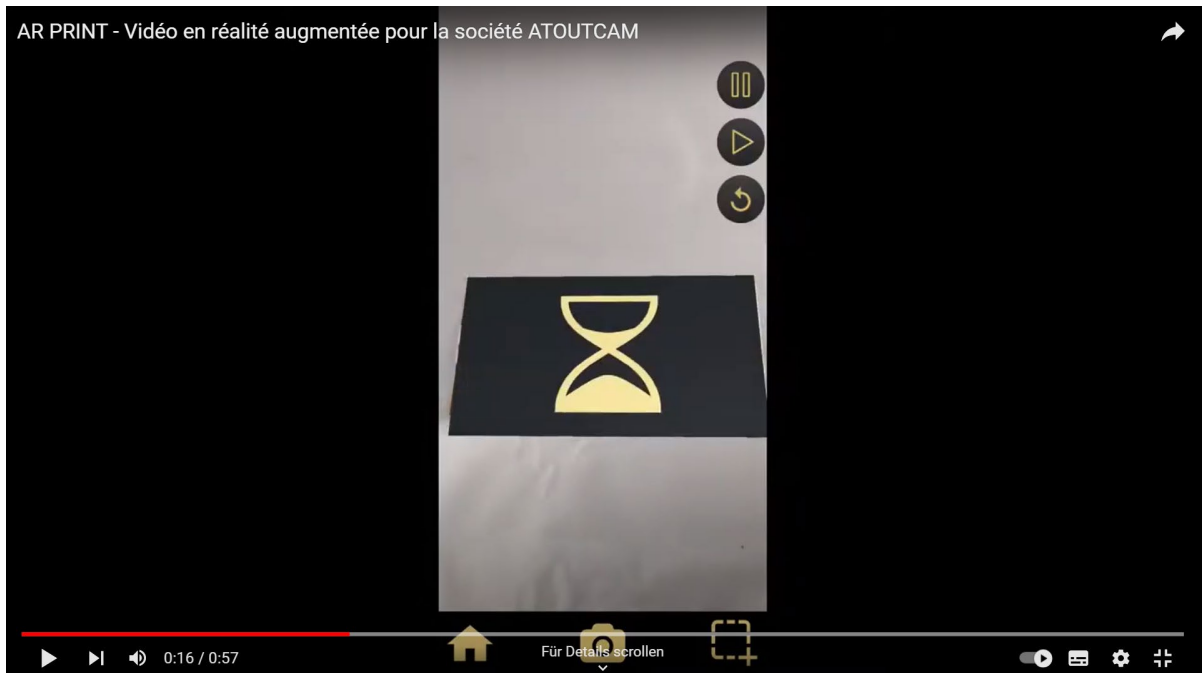


Рис.1.10 Екран очікування при обробці маркера на друкованій листівці

Після обробки маркера додаток запускає рекламний відеоматеріал разом із звуковим супроводом (рис.1.11). Мета – привернути увагу до продуктів та послуг компанії-замовника даного додатку.

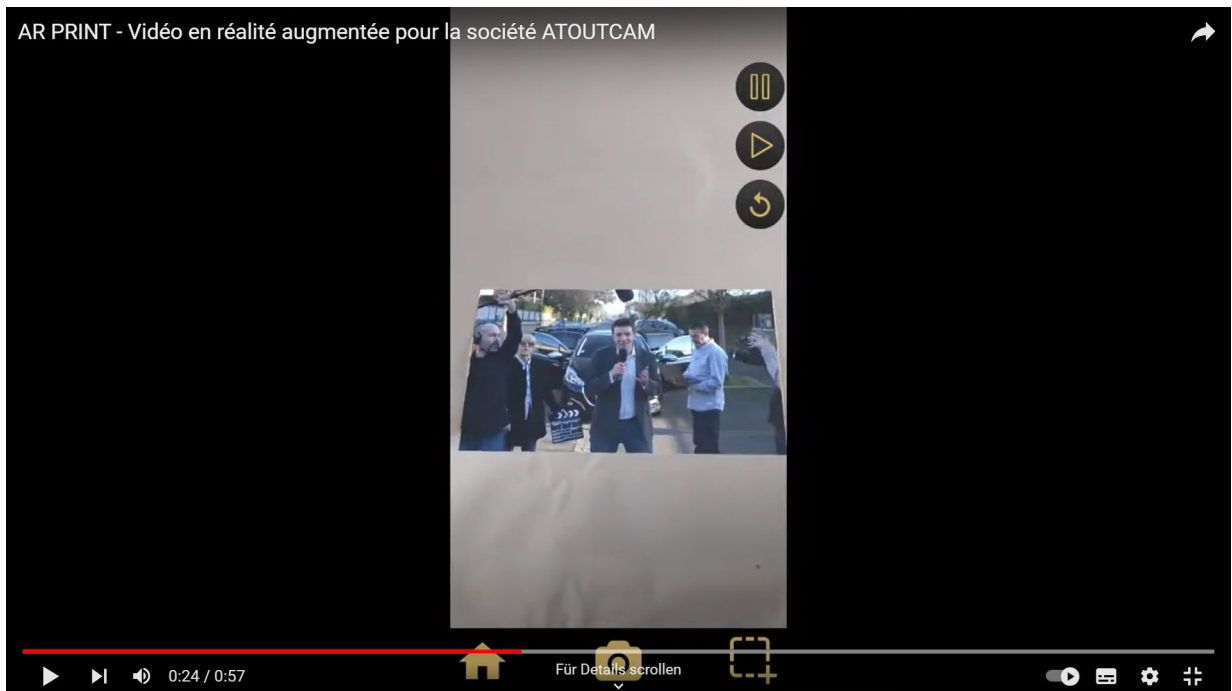


Рис.1.11 Рекламний відеоматеріал із звуковим супроводом у додатку AR Print

Після закінчення відео з'являється фірмова заставка студії відеовиробництва Atoutcam, яка створила на замовлення відеоролик для додатку AR Print (рис.1.12). Студія має сторінку на LinkedIn [8].



Рис.1.12 Фірмова заставка студії Atoutcam

Можливо зробити висновок, що AR-додатки мають потенціал розширити взаємодію із друкованою продукцією. Це дає можливість задіяти майже усі органи чуття людини, а не лише зоровий канал сприйняття.

## 1.2 Аналіз компонентів, що будуть входити до складу додатку

Додаток доповненої реальності, що проектується, містить два плагіни доповненої реальності AR Foundation та Google ARCore для обробки зображень дефектів та виявлення їх на друкованій продукції.

### 1.2.1 Аналіз змісту, структури, наповнення додатку

Додаток потребує назву, аби ідентифікувати його.

Назва додатку - Project Cornea (англ. Cornea – рогівка ока).

Аналогія проведена за функцією рогівки ока, яка допомагає вловлювати світло та бачити.

Цей додаток є додатком доповненої реальності або AR-додатком та використовує смартфон для роботи. Для цього додаток необхідно завантажити. Для візуалізації роботи додатку використовуються 2D-зображення та текст.

Структура додатку складається із декількох компонентів (рис.1.13). Для її візуалізації доцільно використати діаграму UML (англ. Unified Modeling Language – уніфікована мова моделювання). Ця діаграма є популярною у IT-індустрії для візуалізації дизайну IT-розробок. Конкретно для потреб AR-додатку використано статичну (structure) діаграму, яка описує структуру об'єктів та компонентів у проекті та взаємозв'язки між ними. [9]

Додаток має графічний інтерфейс, файли плагінів, датасет (галерею фотографій дефектів) для навчання та файли із кодом для взаємодії усіх компонентів. Середовище розробки – рушій Unity.

Таким чином, робота додатку зводиться до взаємодії інструменту обробки зображень – плагінів доповненої реальності, бази даних – колекції зображень дефектів, які слугують джерелом інформації про некоректне відтворення відбитків, коду – письмових інструкцій як і що робити, та інтерфейсу користувача.

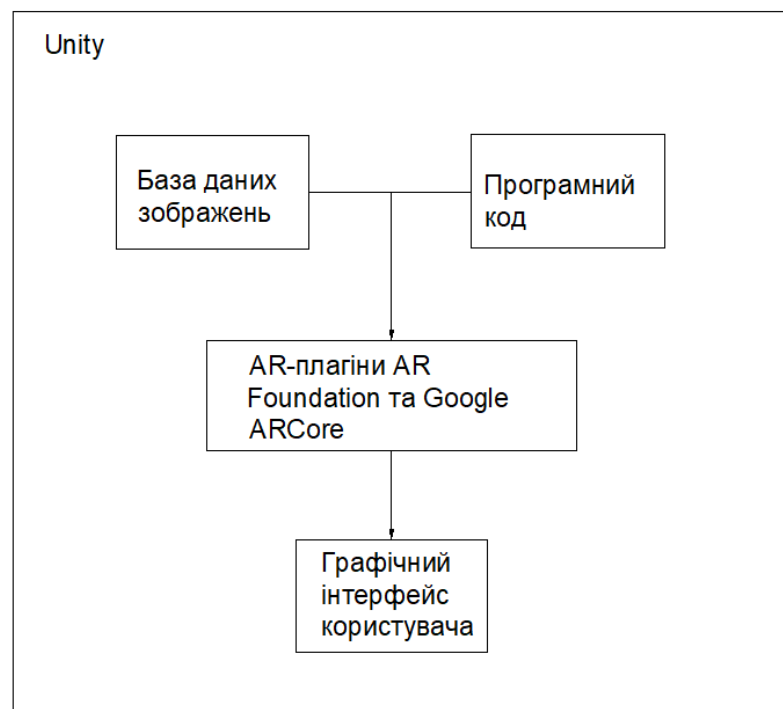


Рис.1.13 Структура AR-додатку Project Cornea

1.2.2 Встановлення вимог до AR-додатку та друкованої продукції до нього

Додаток має професійне спрямування. Метою його розробки є допомога фахівцям поліграфічного виробництва та студентам ідентифікувати недоліки офсетного друку на сувенірній продукції.

Створення додатку регламентовано стандартами для поліграфічного виконання сувенірів, вимогам до якості офсетного способу друку та гайдлайнами до додатків для ОС Android.

### 1.2.3 Різновиди дефектів, на які був орієнтований AR-додаток

Додаток орієнтовано на розпізнавання дефектів офсетного способу друку. Цей вид друку є дуже розповсюдженим на ринку, ним часто друкують сувенірну продукцію завдяки вигідному співвідношенню ціна-якість. Приклади сувенірної продукції наведено у додатках (Додаток А).

Розповсюдженими дефектами офсетного способу друку є наступні:

- Непродрукування на відбитку окремих деталей зображення
- Зменшення насиченості фарби на відбитках.

Дефект **непродрукування на відбитку окремих деталей зображення** пов'язаний із нерівномірною товщиною офсетного гумовотканинного полотна (ОГТП). Також причинами цього дефекту можуть бути друкувальні елементи на деяких ділянках друкарської форми, що погано сприймають фарбу, сліди погано змитого захисного шару, продавлені ділянки на ОГТП, вм'ятини та тріщини на поверхні накочувальних фарбових валиків та налипання друкарської фарби на друкарські циліндри [10].

Дефект **зменшення насиченості фарби** полягає у зникненні растрових елементів та тонких ліній. Даний дефект на відбитках спричинений емульгуванням фарби в процесі друкування, малою липкістю фарби, надмірним подавання зволожувального розчину на друкарську форму, малою кількістю фарби на друкарській формі та у фарбовій системі, недостатньо обробленими

друкарськими елементами форми, а також малим тиском між офсетним та друкарським циліндрами [10].

Дефекти офсетного друку залежать від технологічних параметрів друкування на офсетній друкарській машині.

### 1.3 Технічне завдання на розробку AR-додатку

AR-додаток Project Cornea має бути розробленим із врахуванням досвіду сучасних розробок AR-додатків у поліграфії та інших галузях діяльності.

Конструкція додатку передбачає наявність 4 екранів інтерфейсу додатку – екран завантаження, екрани для сканування та екран головного меню.

Технічне завдання на створення AR-додатку наведено у таблиці (табл.1.1)

Таблиця 1.1 – Технічне завдання (ТЗ) на створення додатку Project Cornea

Назва характеристики	Значення характеристики
Назва додатку	Project Cornea
Оригінальні розміри екрану, пікс	Ширина 1080, висота 2408
Операційна система та версія для додатку	Android OS, 8.0 Oreo та вище
Кількість тривимірних сцен	3
Кількість екранів взаємодії	4
Сенсор для сканування	Модуль камери смартфона
Засіб сканування усередині сцени	AR Camera

### 1.4 Визначення пріоритетних параметрів AR-додатку

Додаток створюється для операційної системи Android. Для взаємодії із додатком необхідний камерний сенсор смартфона та сенсорний екран для демонстрації зворотного зв'язку для користувача – на екран мають виводитися текстові повідомлення про наявність або відсутність дефектів.

Пріоритетні параметри додатку Project Cornea наведені у таблиці (табл.1.2). Приклади параметрів узято із вебсайту компанії Wezom [11].

Таблиця 1.2 – Пріоритетні параметри AR-додатку Project Cornea

Назва параметру	Значення параметру
Технічні вимоги (ТВ)	Маркерна технологія
Час на виконання проекту (Ч)	1 місяць
Кваліфікація фахівців (Кв)	Диплом університету/курси
Стек технологій (СТ)	Unity, C#
Складність технологічного процесу (СкТП)	Підготовка машинної моделі та написання коду, підготовка зображень, створення дизайну GUI

Дані із таблиці 1.2 представлено у вигляді матриць експертного опитування двох респондентів (табл.1.3-1.4). Респонденти – це Гірман Артем та Алла Кулик. Значення балів у клітинках лежить у межах від 0 до 2. Найвища оцінка – це 2, бали рахуються по діагоналі, аби сумарне значення клітинок одного і того ж критерію становило 1.

Таблиця 1.3 – Матриця експертного опитування респондента Гірмана Артема

$X_i$	ТВ	Ч	Кв	СТ	СкТП
ТВ	1	0,5	0,5	1	
Ч	1,5	1	1	1,5	
Кв	1,5	1	1	1	1
СТ	1	0,5	1	1	0,5
СкТП			1	1,5	1

Таблиця 1.4 – Матриця експертного опитування респондента Алли Кулик

$X_i$	ТВ	Ч	Кв	СТ	СкТП
ТВ	1	1,5	0,5	1,5	
Ч	0,5	1	1	1	
Кв	1,5	1	1	1	1,5
СТ	0,5	1	1	1	0,5
СкТП			0,5	1,5	1

Сумарна оцінка заведена у сумарній матриці експертних опитувань двох респондентів (табл.1.5).

Таблиця 1.5 – Сумарна таблиця експертних опитувань респондентів Гірмана Артема та Алли Кулик щодо пріоритетних параметрів AR-додатку

$X_i$	ТВ	Ч	Кв	СТ	СкТП	$\Sigma a_i$	Вага параметру	Пріоритет	Сукупна вагомість
ТВ	2	2	1	2,5	1	8,5	0,17	4	17
Ч	2	2	2	2,5	2,5	11	0,22	2	22
Кв	3	2	2	2	2,5	11,5	0,23	1	23
СТ	1,5	1,5	2	2	1	8	0,16	5	16
СкТП	3	1,5	1,5	3	2	11	0,22	3	22

Після підрахунків у таблиці 1.5 було створено діаграму Парето (рис.1.14) у програмному забезпеченні Microsoft Excel для візуалізації найважливіших параметрів створення AR-додатку.

Діаграма Парето показує відсоткове співвідношення кожного параметру від їх загальної кількості та наскільки кожен параметр вагомий від цілого. Для цього діаграма має кумулятивну лінію, яка починається на параметрі із найбільшою вагою та закінчується на найменш важливому параметрі. Сумарно усі стовпчики діаграми Парето утворюють значення 100%.

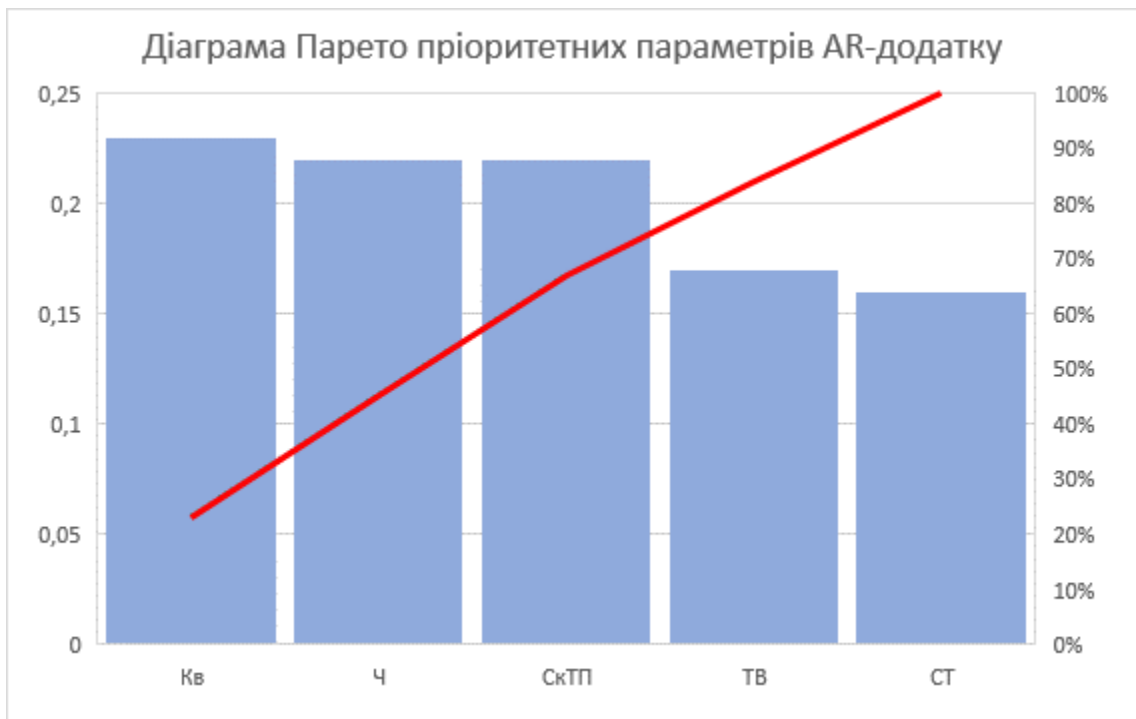


Рис.1.14 Діаграма Парето для визначення пріоритетних параметрів AR-додатку

Відповідно до діаграми Парето на рис.1.14, найбільш пріоритетним параметром є Кваліфікація фахівців (Кв). Це навички, знання та досвід розробників чи розробника AR-додатку, іноді їх ще називають «хард скілліз» (від англ. Hard skills – тверді вміння). Від кваліфікації розробників залежить, який стек технологій (набір інструментів) буде обрано, як буде розподілено час та який технологічний процес обрано.

Наступними за пріоритетом є два параметри Час на виконання проекту (Ч) та Складність технологічного процесу (СкТП). Час виконання проекту важливий на думку двох респондентів тому, що це дає змогу витратити менше робочих годин на рутинні операції, а також оптимізувати витрати на розробку. Також довгий проект справить суперечливе враження на замовника. Параметр Складність технологічного процесу описує кількість операцій із створення додатку, він дає можливість умовно «прикинути» трудомісткість проекту.

Параметр Технічні вимоги (ТВ) є 4-тим за пріоритетом та є більш загальним у порівнянні із попередніми. Він показує побажання замовника.

Стек технологій (СТ) показує, що для створення AR-додатку доцільно використати готові інструменти у вільному доступі. Тому це 5-те місце.

## 1.5 Розробка конструкції AR-додатку

AR додаток Project Cornea складається із 4 важливих компонентів, які утворюють систему. Це завантажувані плагіни AR Foundation та Google ARCore, база даних або файли зображень дефектів офсетного друку, файли графічного дизайну додатку, які створюють інтерфейс, та файл (и) із кодом скриптів виконання операцій мовою програмування C#.

Детальна конструкція додатку представлена на схемі (рис.1.15).

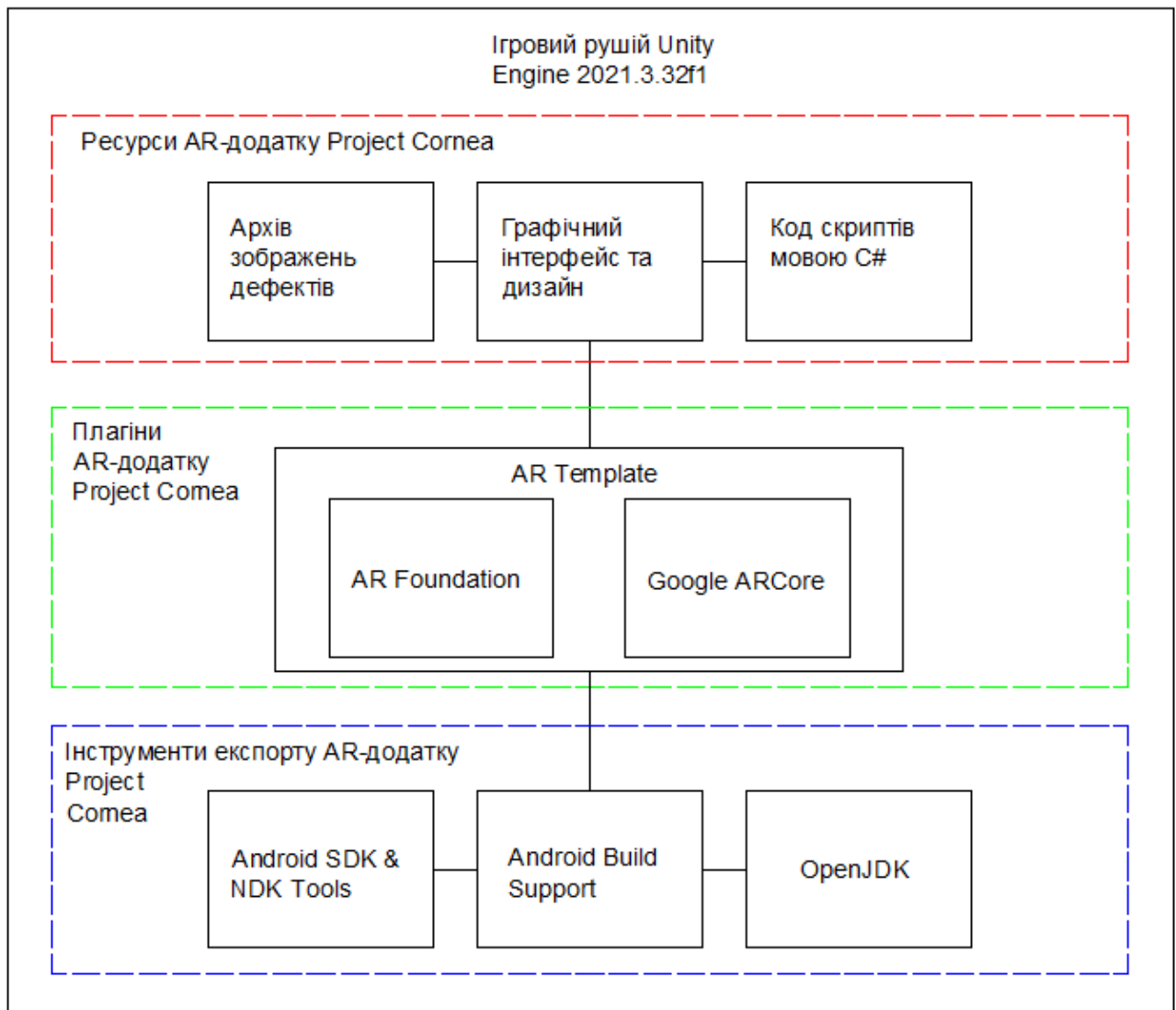


Рис.1.15 Деталізація конструкції додатку

Компоненти додатку зберігаються у проекті Unity. Це готовий шаблон AR Template – папка, у якій розміщена тривимірна сцена із координатами X, Y та Z та всі ресурси проекту – графіка, об’єкти AR-камери тощо.

Після створення нового проекту із шаблону AR Template у програмі Unity Hub створено 3D-сцену із готовими об'єктами Directional Light, AR Session Origin та AR Session. Directional Light (направлене світло) створює освітлення усього віртуального світу у сцені. AR Session (Сеанс доповненої реальності) – це обов'язковий компонент AR-сцени, він вмикає та вимикає режим доповненої реальності. AR Session Origin (Джерело доповненої реальності) – ще один компонент AR-сцени, який повідомляє координати AR-об'єктів, наприклад, площин, у вигляді (0, 0, 0) для співставлення із глобальною сценою Unity, аби об'єкти доповненої реальності з'явилися у потрібному місці екрану [12].

З точки зору користувача AR-додатку вигляд роботи компонентів AR буде виглядати як ідентифікація та захоплення геометрії навколишнього світу – площин та стін. Це є тригером (умовою) появи AR-об'єктів (рис.1.16) [13].

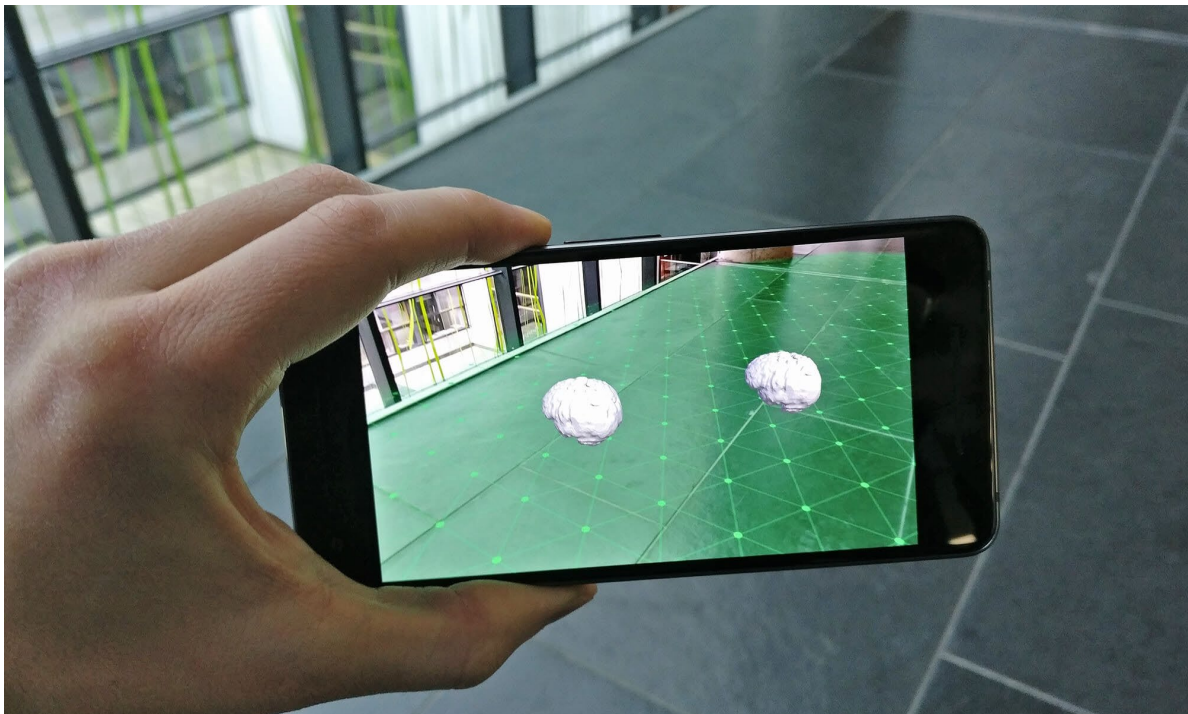


Рис.1.16 Процес роботи компонентів AR Session та Origin AR Session

**Android Build Support** – це модуль для підтримки ОС Android у русії Unity. Це залежний компонент (англ. Dependency), який необхідно завантажити через менеджер завантажень Unity Hub [14].

**Android SDK** (Software Development Kit) – це середовище розробки додатків на ОС Android, що підтримується Google [15].

**Android NDK** (Native Development Kit) – це набір інструментів, який дозволяє розробляти частини додатку в нативному коді, використовуючи такі мови програмування, як C та C++ [16]. Нативний код – це інструкція, що написана машинною мовою конкретного комп'ютера для виконання процесором [17]. На практиці застосовують мови C та C++ через їх більшу зручність та доступ до процесора.


### 1.6 Вибір відповідного шрифтового та колірною оформлення

Колірне оформлення додатку обрано із врахуванням цільової аудиторії (ЦА) майбутнього проекту. Для цього створено загальний опис ЦА та портрет користувача (табл.1.5-1.6).

Таблиця 1.5 – Загальна опис ЦА AR-додатку Project Cornea

Назва характеристики	Значення
Професія	Технологи-поліграфісти, друкарі, студенти, художники, дизайнери, маркетологи
Вік	18-60
Стать	Чоловіки та жінки
Географія	Україна
Дохід, грн	1000-20000
Потреба	Швидко відрізнити дефектний офсетний відбиток від нормального
Мета	Підвищувати доходи від офсетної продукції

Таблиця 1.6 – Портрет користувача

<i>Демографічна інформація</i>	<b>Робота</b>	<b>Особисті якості</b>
<p><i>ПІБ Чорна Алла Василівна</i>  <i>Вік 29</i>  <i>Посада Інженер-технолог</i>  <i>Найвищий рівень освіти</i>  <i>Доктор філософії PhD</i></p> <p><i>Соціальні мережі</i></p> 	<p>Найбільші виклики</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Своєчасний контроль якості офсетного друку на виробництві</li> <li>• Швидкі відгуки про продукцію</li> </ul>	<p>Звідки переважно отримує інформацію</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Колеги</li> <li>• Виставки, ярмарки</li> <li>• Email-розсилка</li> </ul>
	<p>Засоби комунікації</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Електронна пошта</li> <li>• Месенджери</li> <li>• Соцмережі</li> </ul>	<p>Потреби та Мета</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Впровадити кращий контроль якості</li> <li>• Створити портфоліо із успішних кейсів</li> </ul>
	<p>Робочі обов'язки</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Взаємодія із лабораторією та друкарською дільницею</li> <li>• Проведення аналізу відбитків офсетного друку в умовах дільниці</li> </ul>	<p>Як отримує зворотній зв'язок</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Робочі мітинги</li> <li>• Відеоконференції</li> </ul>
	<p>Інструменти для роботи</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Денситометр</li> <li>• Спектрофотометр</li> <li>• Планшет/смартфон</li> </ul>	<p>Цілі та бажання</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отримати посаду керівника відділу</li> <li>• Отримувати премію</li> </ul>

Існує декілька прикладів імплементації AR-додатків у галузі поліграфії та інших – у маркетингу та роздрібній торгівлі.

Додаток **Augment** є популярним інструментом для 3D-перегляду товарів у реальному світі. Покупці можуть отримати враження про товар перед купівлею завдяки обертанню 3D-моделей (Додаток А) [18]. Dodatok dostupnyy u magazynah AppStore ta Google Play.

Потенційними користувачами додатку є:

- Роздрібні магазини
- Магазини електронної комерції (E-Commerce)
- Менеджери з продажу

Кольорове оформлення поєднує два основні кольори – кораловий та білий. Є допоміжні кольори у вигляді відтінків коралового, переважно світліші. У цих кольорах виконано фірмову іконку додатку у магазинах цифрової дистрибуції AppStore та Google Play. Також це оформлення використано для офіційного вебсайту додатку, також там використано додаткові кольори за принципом контрасту – синій, темно-зелений та чорний. (Додаток А)

Шрифтове оформлення додатку Augment містить дві гарнітури усередині додатку – гарнітуру для логотипу та гарнітуру для роботи із додатком. Гарнітура для роботи із додатком – це шрифт категорії без засічок (Sans Serif), ймовірно це може бути Arial (Додаток А). Гарнітура для логотипу це заголовковий шрифт (Heading), який також можливо віднести до моноширинних шрифтів (Monospace). Він є більш вишуканим та відразу привертає увагу. Так само, важно наочно визначити цей шрифт із відомих аналогів. Існують сторонні додатки для розпізнавання невідомих шрифтів із зображень. За допомогою додатку Adobe Capture було сфотографовано шрифт заголовка Augment та визначено, що достатньо схожим є шрифт додатку Augment є шрифт Graphie Regular у бібліотеці Adobe Fonts (Додаток А).

Вартою уваги є також послуга створення AR-маркерів для виводу на екрані смартфона в додатку від української агенції **Grades**. На сайті агенції зазначено, що вона виготовляє друковану продукцію з AR під замовлення, при цьому агенція забезпечує професійну фото-, відео та VR зйомку. Але варто зауважити, що уся інформація про AR-додаток та його роботу доступна виключно у відео на сайті (рис.1.17) [19].

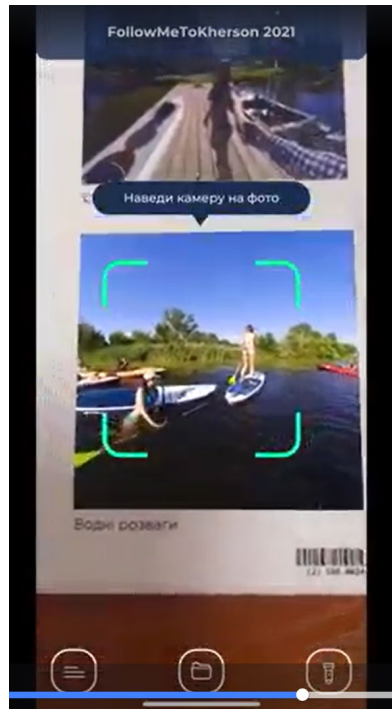


Рис.1.17 Робота безіменного AR-додатку від агенції Grades

З рис.1.17 видно, що додаток має мінімальний графічний інтерфейс із рамок та іконок, використані зелений та білий кольори. Для підсвічування тексту підказок використано панель синього кольору.

Шрифтове оформлення складається із шрифту без засічок білого кольору. Визначити точну гарнітуру складно, адже на вебсайті компанії відсутній корпоративний брендбук. Так само немає його у соцмережах агенції. Тому можливо припустити, що це один із розповсюджених шрифтів, наприклад Arial.

Для додатку Project Cornea було обрано шрифт Pantone Rust із вебсайту для дизайнерів Fontfabric.com. Даний шрифт має дуже характерну текстуру із потертостями, які асоціюються із поліграфічними відбитками, тому даний шрифт ідеально підходить для заголовка логотипу додатка (рис.1.18). Даний шрифт є пропрієтарним, його можливо придбати на вебсайті Fontfabric.com у вигляді сімейства шрифтів різних варіацій. Також доступна безкоштовна версія для некомерційного та обмеженого комерційного використання [20].

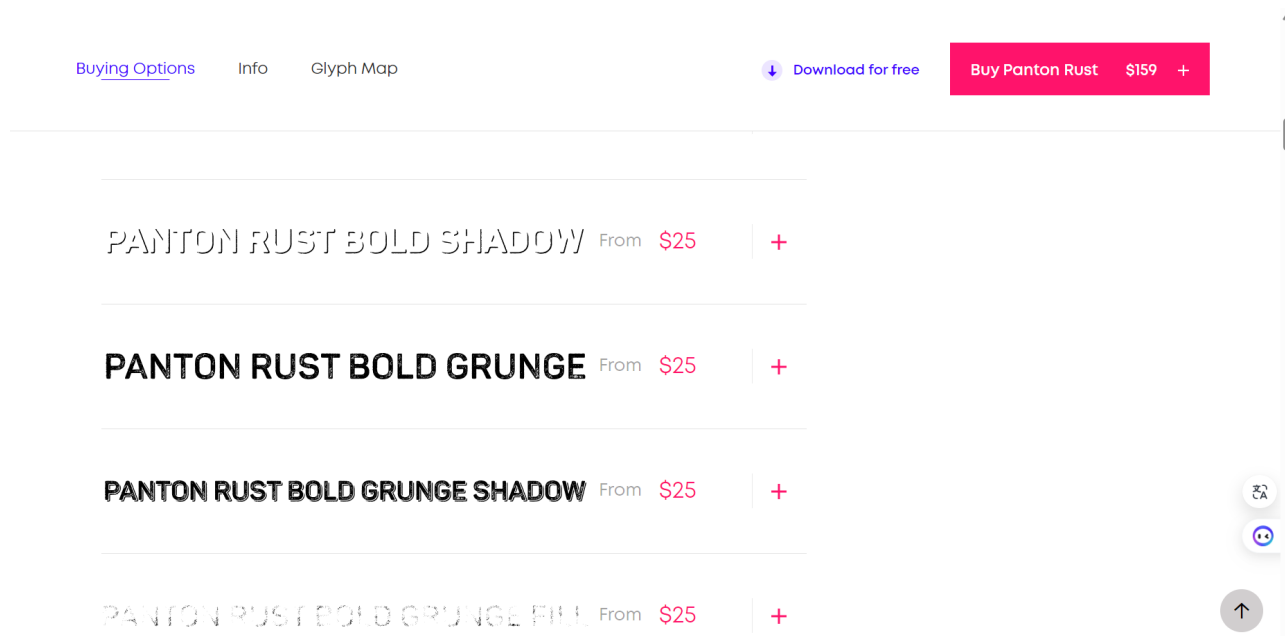


Рис.1.18 Шрифт Pantan Rust обрано для заголовку у логотипі, підвид – Bold

Для основного тексту інтерфейсу додатку Project Cornea було обрано безкоштовний шрифт **Aleo** – це гротескний шрифт із засічками (рис.1.19). Такий вибір обгрунтовано тим, що на відстані від очей легше розрізнити текст із засічками, аніж без них. Саме тому шрифти тексту у редакторах коду, зазвичай, мають засічки. Шрифт Aleo було завантажено із ресурсу [Fontfabric.com](https://fontfabric.com) [21].

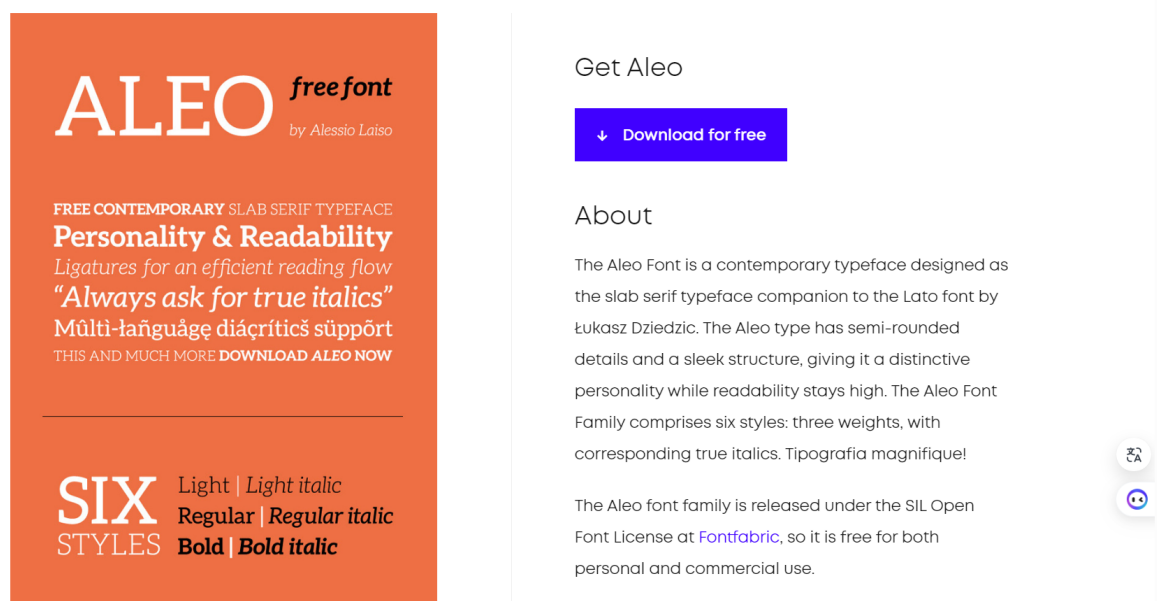


Рис.1.19 Шрифт Aleo для основного тексту додатку Project Cornea

Кольорове оформлення для додатку Project Cornea складається із двох основних кольорів – світло-сірий та темно-бордовий, та двох допоміжних кольорів – ціан та вохра (рис.1.20).

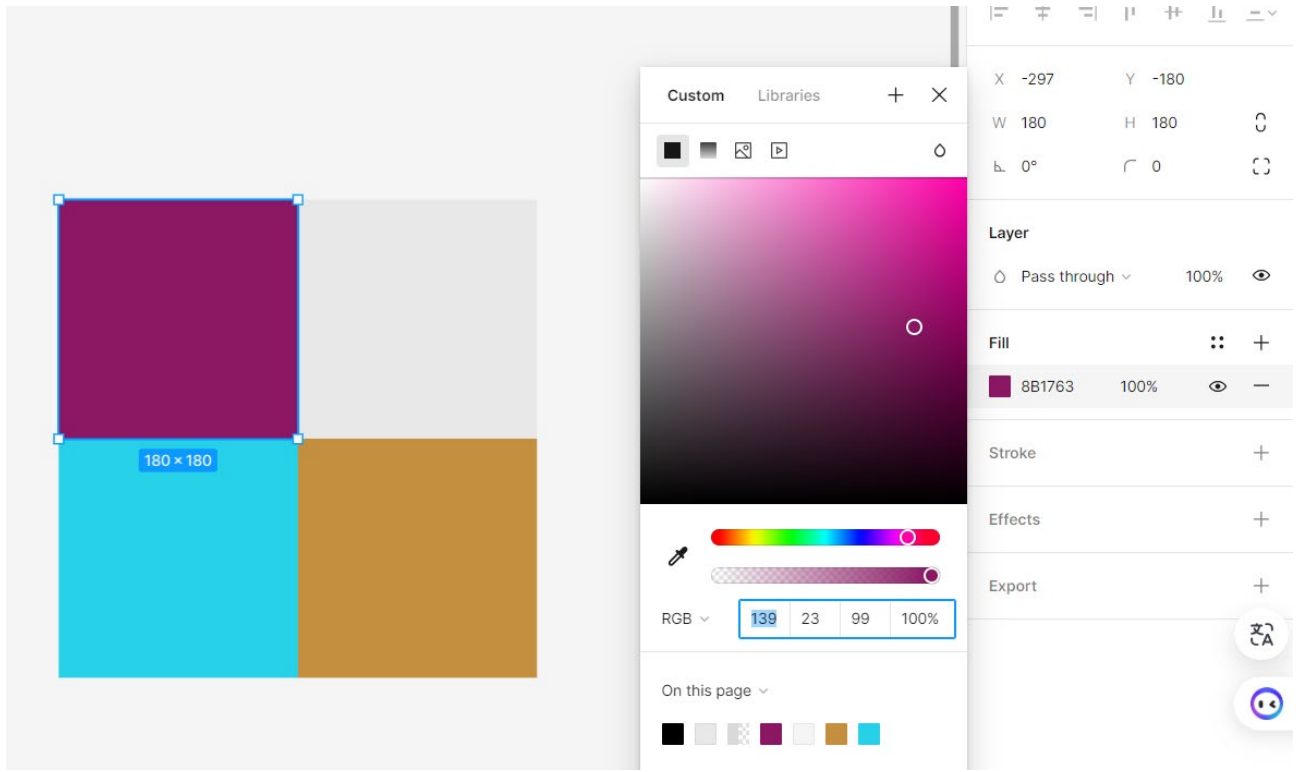


Рис.1.20 Кольоре оформлення для додатку Project Cornea у редакторі Figma

Вибір основних та допоміжних кольорів здійснено за контрастом по тону та контрастом по теплоті – темно-бордовий колір є холодним та комплементарним (допоміжним) до вохри. Колір ціан так само є холодним та комплементарним до вохри за тоном. Світло-сірий колір обрано для контрасту із темно-бордовим на екрані завантаження додатку. В той же час, таке поєднання кольорів нагадує кольори СМУК – бірюзовий (Cyan), мадженту (Magenta) та жовтий (Yellow), саме тому кольорове оформлення може викликати «професійні» асоціації у цільовій аудиторії.

У кольоровому просторі RGB обрані кольори мають наступні значення:

- Темно-бордовий (**R: 139, G: 23, B: 99**)
- Світло-сірий (**R: 232, G: 232, B: 232**)
- Ціан (**R: 39, G: 209, B: 232**)
- Вохра (**R: 196, G: 143, B: 63**)

### 1.7 Розробка графічного дизайну AR-додатку

Графічний дизайн для інтерфейсу додатку було розроблено у графічному редакторі Figma. Цей редактор доступний у веб-браузері та у вигляді програми на комп'ютері, він створений для розробки прототипів дизайнів додатків, вебсайтів та інших продуктів із вибором кольорів, шрифтів та готових шаблонів.

Було розроблено іконку логотипу. Для цього спочатку створено каркасний прототип (англ. Wireframe) у редакторі Figma. За задумом, це має бути око або імпровізована лінза, яка дивитися на друкований відбиток (рис.1.21).

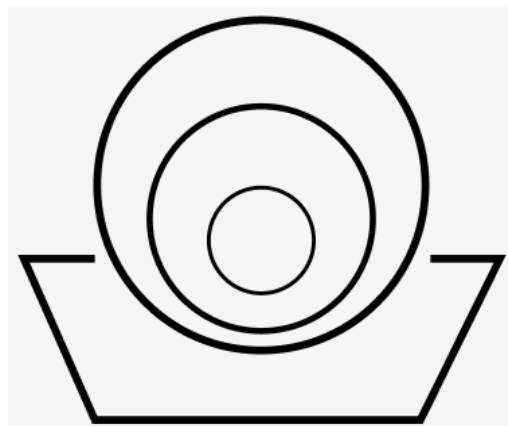


Рис.1.21 Початковий прототип іконки логотипу Project Cornea

Після доопрацювань іконка логотипу має вигляд механізованого ока із елементами об'єктива камери, око дивиться на друкований відбиток (рис.1.22).

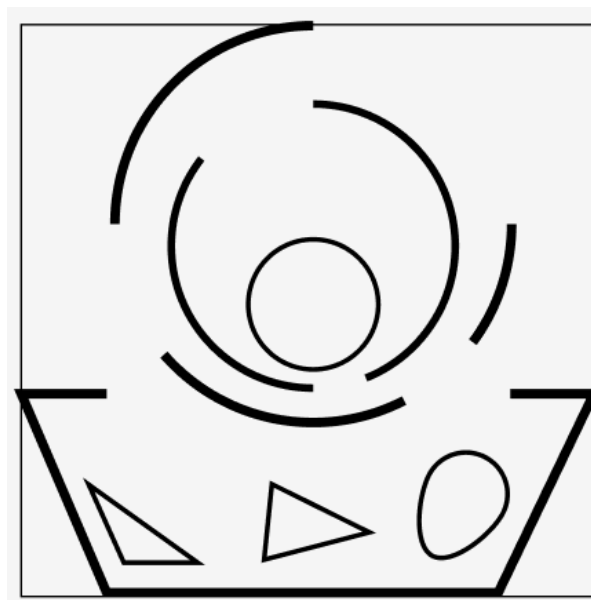


Рис.1.22 Іконка логотипу додатку Project Cornea

Згодом було розроблено дизайн екрану завантаження додатку із накладенням розробленого логотипу, це іконка та текст (рис.1.23).



Рис.1.23 Дизайн екрану завантаження додатку Project Cornea

Додаток має 4 екрани інтерфейсу відповідно до технічного завдання у пункті 1.3 розділу 1. Було розроблено дизайн інтерфейсу екрану головного меню та екрану для сканування (рис.1.24).

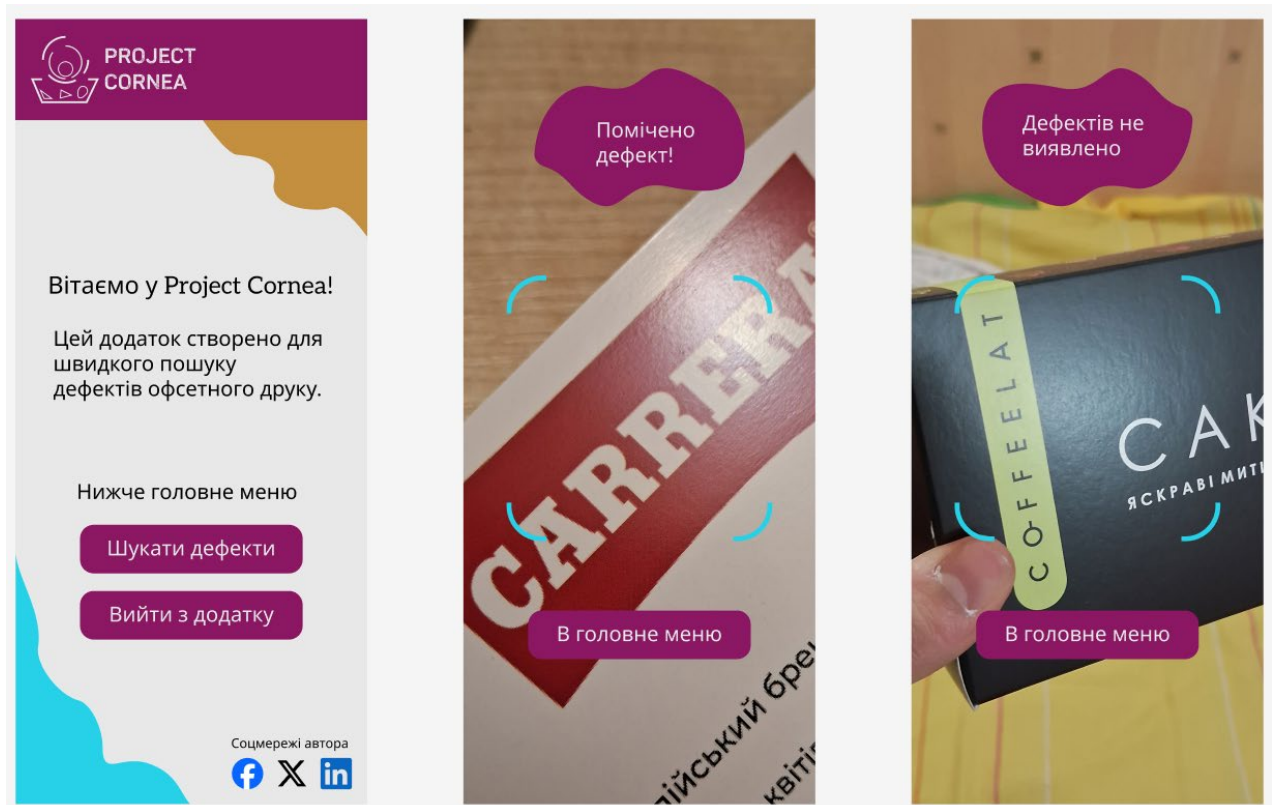


Рис.1.24 Дизайн екранів головного меню та екрану для сканування

Загалом увесь дизайн додатку представлено в одному документі у редакторі Figma (рис.1.25). [Посилання на проект додано.](#)

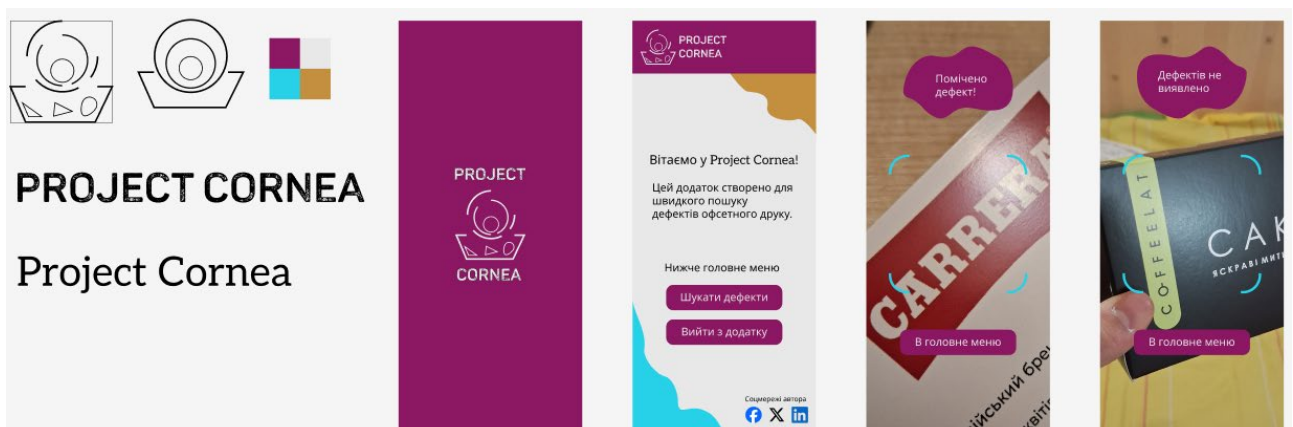


Рис.1.25 Весь дизайн додатку Project Cornea

## Висновки до Розділу 1

У Розділі 1 даного дипломного проекту було проведено підготовчу роботу для створення AR-додатку Project Cornea. Було отримано завдання на виконання від викладача та сформовано тему дипломної роботи. Проведено пошук інформації та визначено актуальність дослідження способу захисту сувенірної продукції офсетного друку від підробок за допомогою технологій доповненої реальності (AR).

Робота над Розділом 1 описує конструкторський етап дипломного проекту із розробки AR-додатку для розпізнавання дефектів поліграфічної продукції. У підрозділі 1.1 було виконано аналіз останніх розробок у галузі розробки AR-додатків та використанні їх у поліграфії та інших галузях діяльності. У підрозділі 1.2 було проаналізовано компоненти додатку, описано їх можливості. У підрозділі 1.3 було сформовано технічне завдання на розробку додатку для його реалізації засобами рушія Unity. У підрозділі 1.4 було визначено пріоритетні параметри додатку за допомогою методу експертних опитувань та діаграми Парето. У розділі 1.5 було деталізовано конструкцію додатку із наведенням конкретних прикладів технологій – середовищем розробки слугує рушій Unity та його доповнення, також зазначено додаткові інструменти.

У підрозділі 1.6 було обрано шрифтове та колірне оформлення для додатку із ресурсів у відкритих джерелах. У підсумку, у підрозділі 1.7 було розроблено графічний дизайн 4 екранів інтерфейсу AR-додатку у графічному редакторі Figma та представлено скріншоти роботи.

Таким чином, Розділ 1 показує об'єм роботи, яку необхідно виконати для того, аби отримати базове уявлення про мобільний додаток. Результати роботи у цьому розділі слугують концепцією та готові для практичної реалізації у середовищі ігрового рушія Unity.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вибір технологічного процесу виготовлення AR-додатку

Для виготовлення AR-додатку було обрано технологічний процес на основі маркерної технології. Маркер – це зображення, на яке реагує додаток при наведенні камери смартфона.

Технологічний процес створення додатку Project Cornea має наступні етапи:

1. Проектування додатку на основі ТЗ
2. Створення графічного дизайну додатку
3. Вибір апаратного забезпечення
4. Вибір методів та засобів контролю
5. Вибір програмних інструментів
6. Складення блок-схеми, розрахунки та маршрутно-технологічна карта
7. Підготовка зображень дефектів офсетного друку
8. Створення проекту Unity та додавання 3-ох сцен
9. Додавання графічного інтерфейсу
10. Написання скриптів мовою C#
11. Компіляція файлу .apk та тестування додатку

Додаток не має 3D-моделей, оскільки їх застосування не є виправданим для розпізнавання дефектів на двовимірній поверхні відбитків офсетного друку. Також, підготовка тривимірних моделей може ускладнити технологічний процес та збільшити час виготовлення додатку.

### 2.2 Вибір апаратно-технічного забезпечення

Розробка AR-додатків у сучасній IT-індустрії відбувається на робочих станціях або ноутбуках із достатньою потужністю. Розгортання проектів у віртуальному середовищі рушія Unity та тестування пов'язані із значними обчисленнями, які потребують обсягів оперативної пам'яті (ОЗУ), частоти ядер процесора та наявністю швидкісного твердотілого накопичувача (SSD-диск),

близькими до стандартів у індустрії розробки, а саме 8 Гб оперативної пам'яті [22]. Опціонально, може знадобитися обсяг відеопам'яті не менше ніж 6 Гб VRAM [23].

Для рушія Unity достатній обсяг ОЗУ складає 4 Гб, але для складних проєктів з великою кількістю сцен чи графіки об'єм оперативної пам'яті може бути 8, 16 чи 32 Гб.

Для оптимальної продуктивності у Unity рекомендується чотирьохядерний процесор Intel або AMD з тактовою частотою 2,5 ГГц або вище. Такі операції, як розрахунки фізики та рендеринг, краще виконуються на декількох ядрах процесора (для розробки може бути 4 ядра) [24]. Відеокарта має підтримувати технологію DirectX 11 або 12 для відмальовування привабливих сцен та графіки, оскільки це стандартний прикладний програмний інтерфейс (англ. Application Programming Interface, API) для взаємодії рушія Unity із відеокартою [24]. Для розробки AR-додатку Project Cornea було здійснено вибір апаратно-технічного забезпечення із відкритих джерел. Це має бути ноутбук із дискретною відеокартою та смартфон на базі ОС Android. Смартфон iPhone на базі iOS також доцільний за умови тестування додатку на iOS.

Для розробки було обрано ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL на маркетплейсі Rozetka.com.ua [25]. Це ноутбук призначений для геймінгу, хоча завдяки потужності може бути також використаний для розробки.

Проведено порівняння даної моделі зі моделлю Acer Aspire 5 A515-57G-56SZ, яка має схожі характеристики [26]. Характеристики обох моделей оформлено у таблицях (табл.2.1-2.2).

Таблиця 2.1 – Характеристики ноутбуку MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL

Назва характеристики	Значення
Процесор, ГГц	Intel Core i5-12450H (2,0 – 4,4)
Оперативна пам'ять, Гб	16 Гб
Відеокарта, Гб	nVidia Geforce RTX 2050, 4
Наявність встановленої ОС	Так, Windows 11 Home
Ціна	28 000 грн (зі знижкою)

За таблицями 2.1-2.2 побудовано пелюсткову діаграму (рис.2.1) порівняння критеріїв обох моделей, що допоможе обрати найбільш оптимальну з них.

Таблиця 2.2 – Характеристики ноутбуку Acer Aspire 5 A515-57G-56SZ

Назва характеристики	Значення
Процесор, ГГц	Intel Core i5-1235U (0,9 – 4,4)
Оперативна пам'ять, Гб	16 Гб
Відеокарта, Гб	nVidia Geforce RTX 2050, 4
Наявність встановленої ОС	Без ОС
Ціна	30 000 грн (зі знижкою)

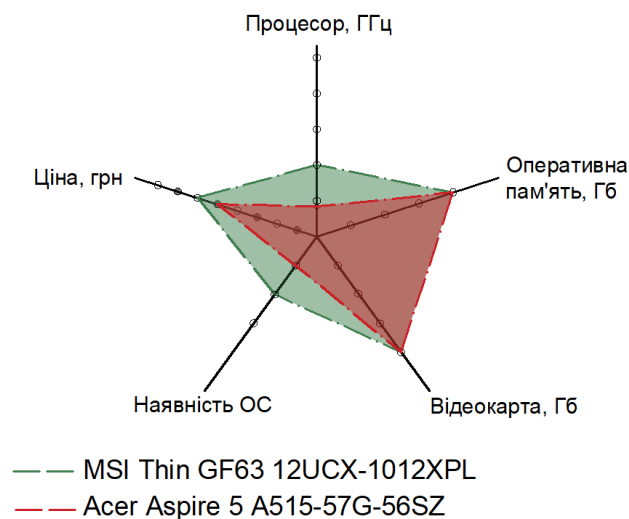


Рис.2.1 Пелюсткова діаграма порівняння параметрів двох моделей ноутбуків

Відповідно до результатів пелюсткової діаграми на рис.2.1 було розраховано площу двох фігур та результати занесено до таблиці (табл.2.3).

Таблиця 2.3 – Розрахунки площі фігур пелюсткової діаграми для ноутбуків

	MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL	Acer Aspire 5 A515-57G-56SZ	Значення
K1	2.0	0.9	+
K2	16	16	+
K3	4	4	+
K4	2	1	+
K5	6	5	-
Площа об'єднання	49,452	40,6077	

За умови що  $\sin(72) = 0,951$ , маємо:

$$S_{\text{MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL}} = 0,5 \cdot 2,0 \cdot 16 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 0,951 - 0,5 \cdot 6 \cdot 2,0 \cdot 0,951 = 52,88$$

$$S_{\text{Acer Aspire 5 A515-57G-56SZ}} = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 0,951 - 0,5 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 0,951 = 39,18$$

Отже, для розробки додатку доцільно обрати модель MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL через більшу площу діаграми для критеріїв.

Аналогічним чином було здійснено вибір смартфона для розгортання на ньому AR-додатку. Обрано моделі Samsung Galaxy M14 5G [27] та Nokia G22 4/128 [28]. Характеристики моделей смартфонів наведено у таблицях (табл.2.4-2.5).

Таблиця 2.4 – Характеристики смартфона Samsung Galaxy M14 5G

Назва характеристики	Значення
Процесор, кількість ядер	Samsung Exynos 1330, 8
Оперативна пам'ять, Гб	6 Гб
Діагональ екрану, дюймів	6.6
Сховище, Гб	128
Ціна	8 864 грн (відновлений)

Таблиця 2.5 – Характеристики смартфона Nokia G22 4/128

Назва характеристики	Значення
Процесор, кількість ядер	Unisoc T606, 8
Оперативна пам'ять, Гб	4 Гб
Діагональ екрану, дюймів	6.52
Сховище, Гб	128
Ціна	4 300 грн (зі знижкою)

За таблицями 2.4-2.5 побудовано пелюсткову діаграму (рис.2.2) порівняння критеріїв обох моделей смартфонів.

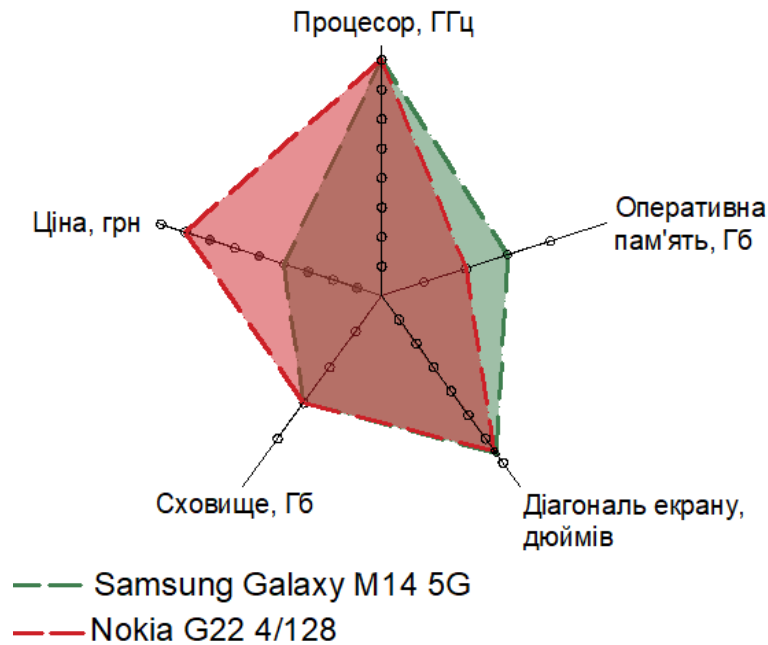


Рис.2.2 Пелюсткова діаграма порівняння параметрів двох моделей смартфонів

За результатами пелюсткової діаграми на рис.2.2 було розраховано площу двох фігур та результати занесено до таблиці (табл.2.6).

Таблиця 2.6 – Розрахунки площі фігур пелюсткової діаграми для смартфонів

	Samsung Galaxy M14 5G	Nokia G22 4/128	Значення
K1	8	8	+
K2	6	4	+
K3	6.6	6.52	+
K4	3	3	+
K5	4	8	-
Площа об'єднання	38,32	57,84	

За умови що  $\sin(72) = 0,951$ , маємо:

$$S_{\text{Samsung Galaxy M14 5G}} = 0,5 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 8 \cdot 6,6 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 6,6 \cdot 3 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 0,951 - 0,5 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 0,951 = 38,32$$

$$S_{\text{Nokia G22 4/128}} = 0,5 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 4 \cdot 6,52 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 6,52 \cdot 3 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 0,951 + 0,5 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 0,951 = 57,84$$

За розрахунками доцільно обрати модель **Nokia G22 4/128** через більшу площу діаграми для критеріїв.

### 2.3 Вибір методів та засобів контролю

Процес розробки додатку потрібно оцінювати для забезпечення якості майбутнього продукту.

Для ідентифікації проблемних місць проекту можливо обрати деякий можливий недолік та візуалізувати причинно-наслідкові зв'язки його виникнення за допомогою діаграми Ішікави (англ. Ishikawa diagram, cause-and-effect diagram) [29]. Ця діаграма має вигляд «скелету риби», оскільки від основної проблеми відгалужуються чинники та обставини.

Спочатку необхідно поставити запитання: Що визначає якість виготовленого додатку? Після виготовлення AR-дodatка можлива проблема із неправильним розпізнаванням маркера на продукції. Це і є фактор якості. Далі необхідно ставити послідовні питання, які виходять із попереднього: чому маркер погано розпізнається?

Алгоритм постановки запитань для побудови діаграми Ішікави виглядає так [29]:

1. Від чого залежить якість додатку? (Від розпізнавання маркера)
2. Чому маркер може погано розпізнаватись? (Через кількість та якість обробки зображень дефектів із бази даних; через повільну роботу додатку, через умови освітлення тощо)
3. Як кількість зображень та їх недостатня обробка можуть завадити розпізнаванню маркера? (Неточні фізичні розміри зображення, малий контраст зображення не зчитується сенсором та плагінами ARCore та AR Foundation)
4. Чому плагіни ARCore та AR Foundation можуть не мати достатньо зображень? (Відсутність доступу до відбитків із дефектами офсетного друку у достатній кількості та якості).

Після створення алгоритму можливо виконати побудову діаграми Ішікави (рис.2.3)

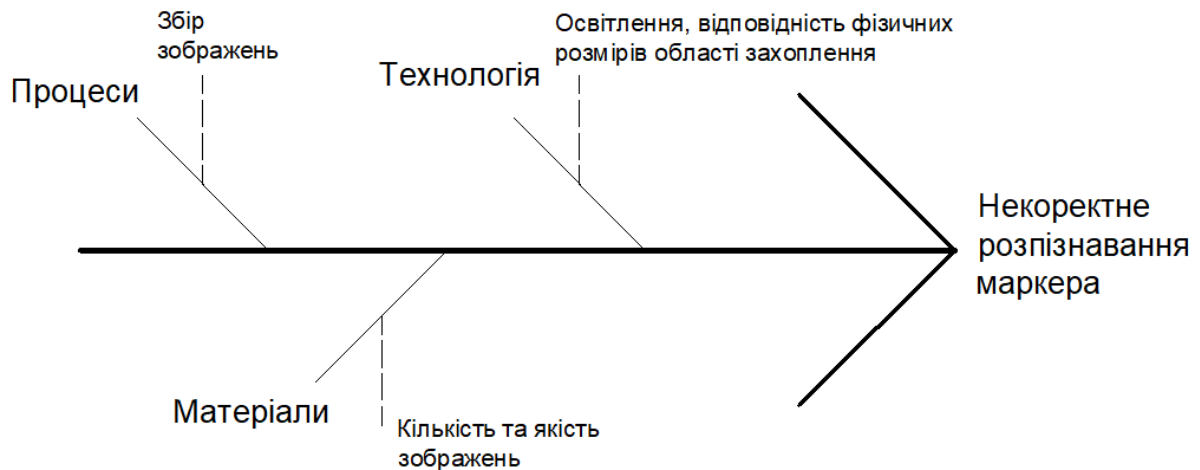


Рис.2.3 Діаграма Ішікави для проблеми розпізнавання маркера AR-додатком

Таким чином, можливо зробити висновок, що для покращення розпізнавання маркерів AR-додатком, та відповідно, підвищення якості виконання додатку необхідно зібрати достатню кількість зображень для плагінів ARCore та AR Foundation, задати точні фізичні розміри реального маркера, забезпечити адекватне освітлення у приміщенні та поєднати усі умови в один додаток.

#### 2.4 Вибір програмних засобів для виготовлення AR-додатку

Плагін **ARCore XR Plug-in**, розроблений компанією Google, є розповсюдженим інструментом для розпізнавання двовимірних- та 3D-об'єктів у мобільних додатках. Він впроваджує технології для розробки кросплатформених AR-додатків. Це означає, що додатки на основі цього плагіну можливо безперешкодно запускати на ОС Android та iOS. Ще один необхідний плагін це AR Foundation, його встановлюють як плагін у складі доповнень AR для Unity разом із ARCore XR Plug-in (рис.2.4).

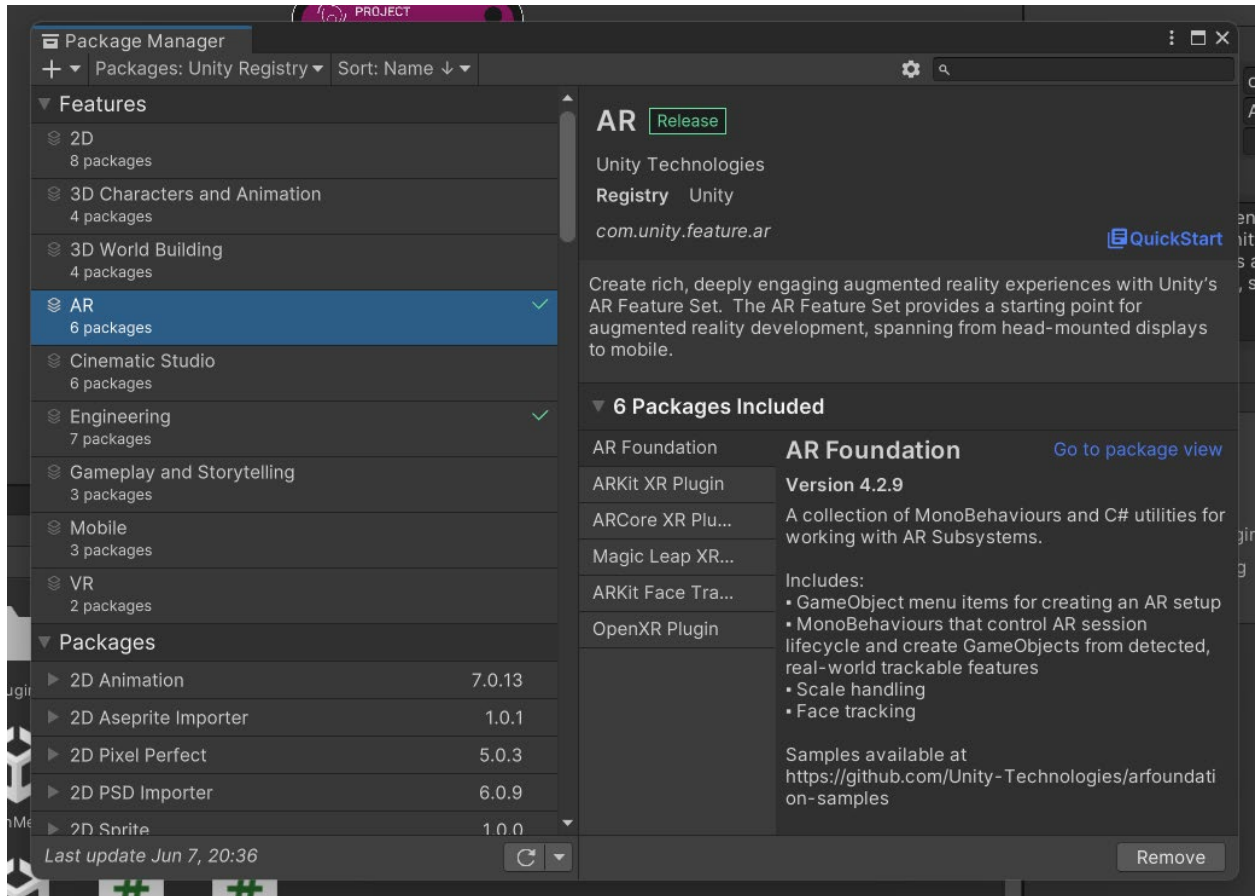


Рис.2.4 Встановлення плагінів AR Foundation та ARCore XR Plug-in

Додаток працює на основі маркерної технології. Обрано 2 маркери – глянцева листівка без дефектів та сторінка каталогу із дефектом. Фотографії зображень містили небажані деталі та малий контраст, які заважають коректному розпізнаванню маркера. Для опрацювання зображень маркерів обрано графічний редактор Adobe Photoshop.

## 2.5 Блок-схема технологічного процесу виготовлення AR-додатку

Блок-схема технологічного процесу виготовлення AR-додатку наведена на рис. 2.5.

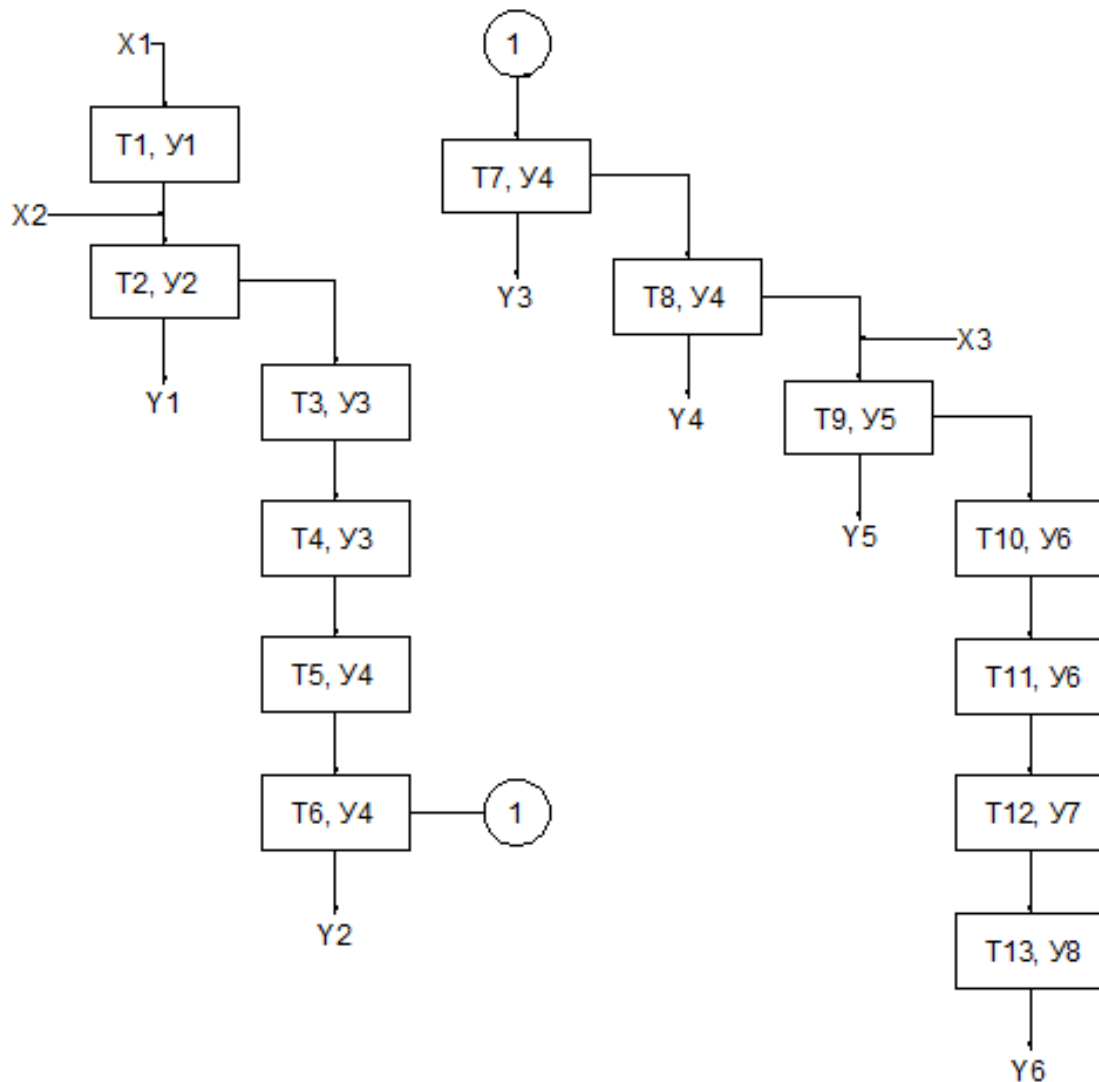


Рис.2.5 Блок-схема технологічного процесу виготовлення додатку

Пояснення до рис. 2.5: X1 – цифровий файл ТЗ; X2 – завантаження ескізів дизайну; X3 – завантаження фотографій маркерів; Т1 – проектування конструкції та вигляду додатку; Т2 – створення графічного дизайну додатку; Т3 – вибір апаратно-технічного забезпечення; Т4 – вибір методів контролю; Т5 – вибір програмного забезпечення; Т6 – складання блок-схеми технологічного процесу; Т7 – розрахунки завантаження по операціях; Т8 – складання маршрутно-технологічної карти; Т9 – обробка фотографій маркерів у Adobe Photoshop; Т10 – створення сцен у Unity; Т11 – додавання графічного інтерфейсу у Unity; Т12 – написання скриптів у Visual Studio; Т13 – створення білду (файлу) та тестування додатка; Y1 – Google Docs;

У2 – графічний редактор Figma; У3 – ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL, смартфон Nokia G22 4/128, програма Autodesk AutoCAD, редактор Microsoft Word, програма Microsoft Excel; У4 – ігровий рушій Unity 3D, плагіни AR Foundation та ARCore, середовище розробки Microsoft Visual Studio 2019, модулі Android SDK&NDK, Android Build Support, бібліотека OpenJDK; У5 – графічний редактор Adobe Photoshop; У6 – ігровий рушій Unity 3D, плагіни AR Foundation та ARCore;

У7 – середовище розробки Microsoft Visual Studio 2019; У8 – ігровий рушій Unity 3D, плагіни AR Foundation та ARCore, модулі Android SDK&NDK, Android Build Support, бібліотека OpenJDK та смартфон Nokia G22 4/128; Y1 – дизайн інтерфейсу додатку у Figma; Y2 – готова блок-схема технологічного процесу; Y3 – розрахунки завантаження по операціях; Y4 – маршрутно-технологічна карта; Y5 – оброблені фотографії маркерів; Y6 – готовий протестований додаток Project Cornea.

## 2.6 Технологічні розрахунки

### 2.6.1 Розрахунок завантаження по операціях

Зібрано дані завантаження для обробки фотографій у графічному редакторі Adobe Photoshop (табл.2.7-2.6). [30]

Таблиця 2.7 – Завантаження на обробку фотографій маркерів

№	Тип видання	Площа фотографій маркерів, см <sup>2</sup>	Група складності	Одиниця обліку роботи	Норма часу на опрацювання одиниці ілюстраційного матеріалу	Всього нормо-годин на обробку
1	AR-додаток на маркерній технології	(Маркер 1) 214,6	1	100 см <sup>2</sup>	4,4	<b>0,157</b>
1	AR-додаток на маркерній технології	(Маркер 2) 156,45	1	100 см <sup>2</sup>	4,4	<b>0,115</b>

### 2.6.2 Розрахунок часу по операціях

Розраховано нормо-години для обробки Маркера 1

$$T_{\text{мар1}} = \frac{(14,5 \cdot 14,8)}{100} \times \frac{4,4}{60} = 0,157 \text{ нормо-годин}$$

Розраховано нормо-години для обробки Маркера 2

$$T_{\text{мар2}} = \frac{(10,5 \cdot 14,9)}{100} \times \frac{4,4}{60} = 0,115 \text{ нормо-годин}$$

### 2.6.3 Розрахунок трудомісткості виконання операцій

Трудомісткість обробки двох маркерів дорівнює сумі нормо-годин для обох маркерів.

$$T_{\text{сум.мар}} = 0,157 + 0,115 = 0,272 \text{ нормо-годин}$$

Норми часу на всі технологічні операції за фотографією робочого дня наведено у хвиликах, це фактична трудомісткість створення додатку:

T1 — проектування додатку (комп.) — 20 хв

T2 — графічний дизайн (комп.) — 10 хв

T3 — вибір апаратно-технічного забезпечення — 5 хв

T4 — вибір методів та засобів контролю (комп.) — 5 хв

T5 — вибір програмного забезпечення (комп.) — 5 хв

T6 — складання блок-схеми (комп.) — 15 хв

T7 — розрахунки завантаження (комп.) — 10 хв

T8 — складання маршрутно-технологічної карти (комп.) — 10 хв

T9 — обробка фотографій маркерів (комп.) — 16,32 хв (1 год \* 0,272)

T10 — створення сцен (комп.) — 5 хв

T11 — додавання графічного інтерфейсу (комп.) — 5 хв

T12 — написання скриптів (комп.) — 60 хв

T13 — тестування та створення файлу додатку (комп.) — 5 хв

### 2.6.4 Циклограма виконання технологічного процесу

На основі даних трудомісткості було побудовано циклограму виконання технологічного процесу (рис.2.6).

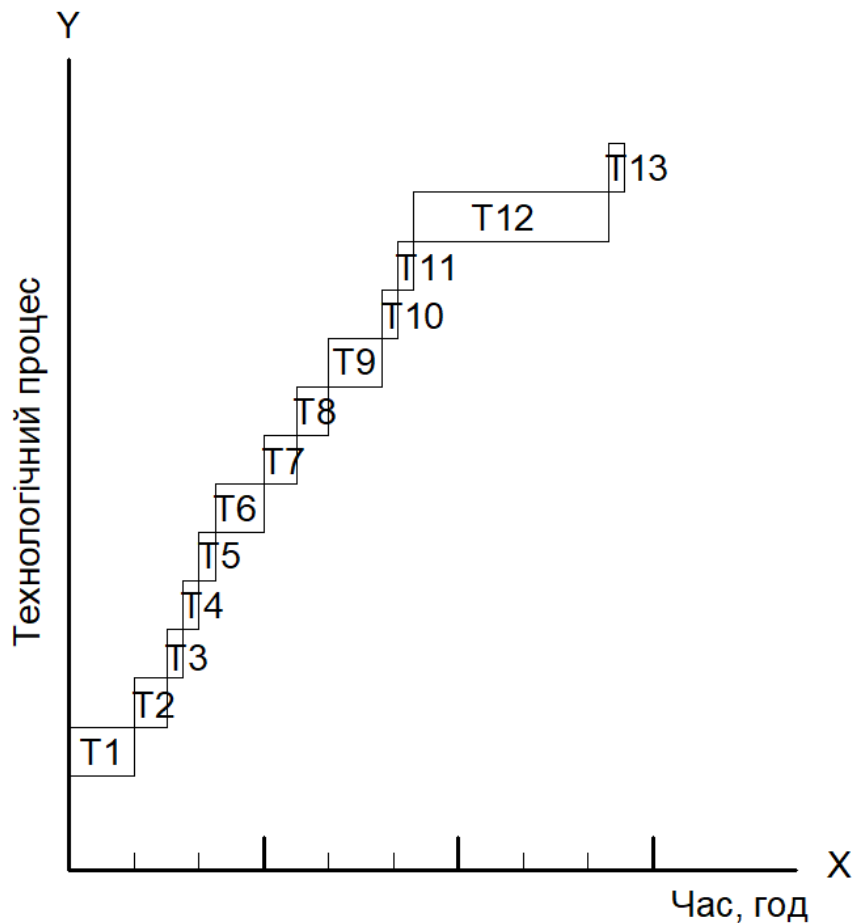


Рис.2.6 Циклограма технологічного процесу створення додатку

Горизонтальна вісь X циклограми вказує час виконання кожної операції та всього проекту, вертикальна вісь Y вказує вид завдання, в даному випадку це технологічний процес створення додатку.

Дана циклограма (рис.2.6) показує, що деякі процеси можливо виконувати паралельно, наприклад, написання скриптів (T12) можливо виконувати одночасно із обробкою фотографій маркерів (T9). Це зменшить час на виконання проекту.

## 2.7 Оновлена блок-схема технологічного процесу

За даними циклограми із підрозділу 2.6.4 було складено оновлену блок-схему технологічного процесу створення додатку (рис.2.7).

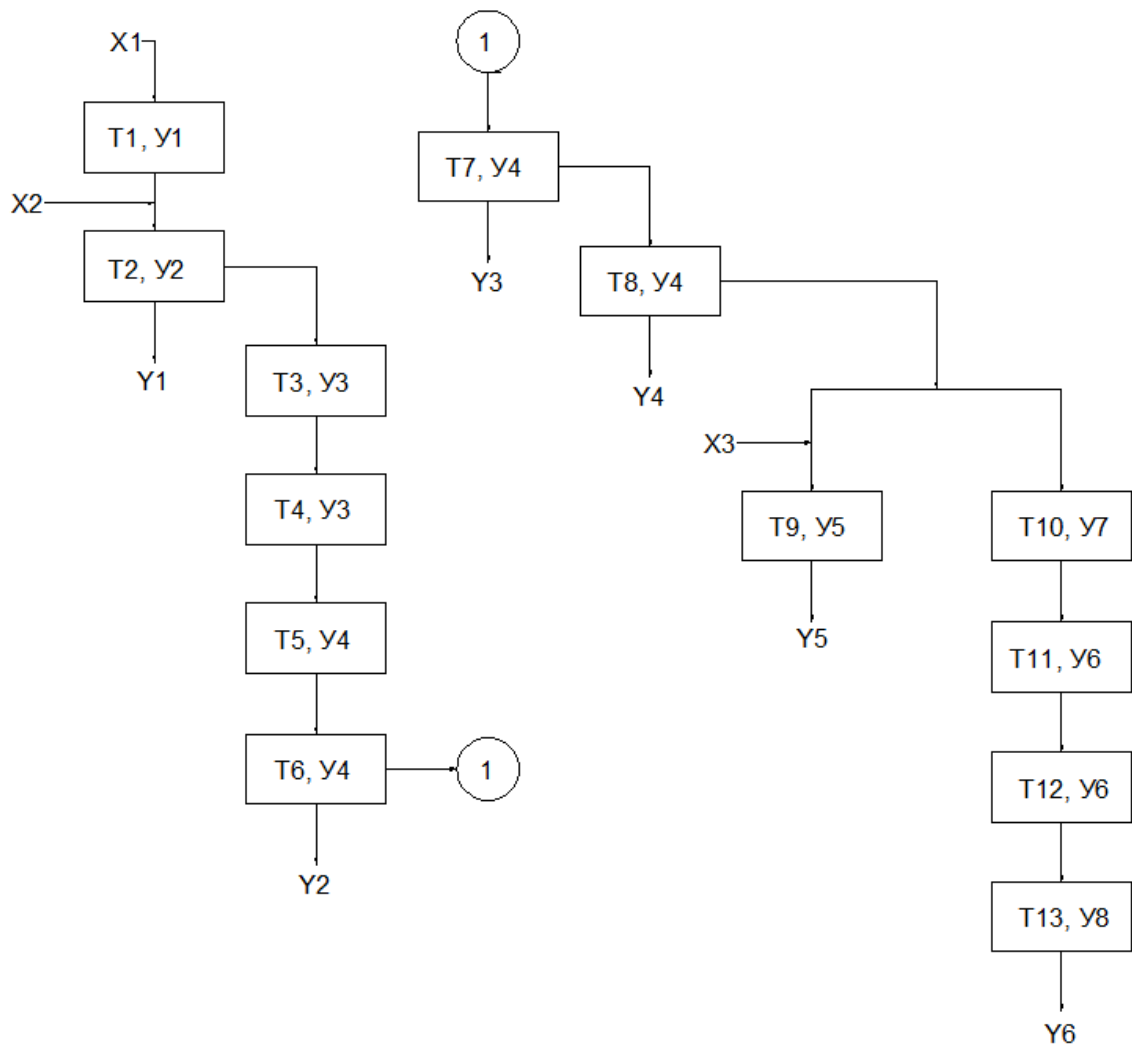


Рис.2.7 Оновлена блок-схема технологічного процесу

Пояснення до рис. 2.5: X1 – цифровий файл ТЗ; X2 – завантаження ескізів дизайну; X3 – завантаження фотографій маркерів; T1 – проектування конструкції та вигляду додатку; T2 – створення графічного дизайну додатку; T3 – вибір апаратно-технічного забезпечення; T4 – вибір методів контролю; T5 – вибір програмного забезпечення; T6 – складання блок-схеми технологічного процесу; T7 – розрахунки завантаження по операціях; T8 – складання маршрутно-технологічної карти; T9 – обробка фотографій маркерів у Adobe Photoshop; T10 – написання скриптів у Visual Studio; T11 – створення сцен у Unity; T12 – додавання графічного інтерфейсу у Unity; T13 – створення білду (файлу) та тестування додатку; Y1 – Google Docs; Y2 – графічний редактор Figma; Y3 – ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL, смартфон Nokia G22 4/128, програма Autodesk AutoCAD, редактор Microsoft

Word, програма Microsoft Excel; У4 – ігровий рушій Unity 3D, плагіни AR Foundation та ARCore, середовище розробки Microsoft Visual Studio 2019, модулі Android SDK&NDK, Android Build Support, бібліотека OpenJDK; У5 – графічний редактор Adobe Photoshop; У6 – середовище розробки Microsoft Visual Studio 2019; У7 – ігровий рушій Unity 3D, плагіни AR Foundation та ARCore; У8 – ігровий рушій Unity 3D, плагіни AR Foundation та ARCore, модулі Android SDK&NDK, Android Build Support, бібліотека OpenJDK та смартфон Nokia G22 4/128; Y1 – дизайн інтерфейсу додатку у Figma; Y2 – готова блок-схема технологічного процесу; Y3 – розрахунки завантаження по операціях; Y4 – маршрутно-технологічна карта; Y5 – оброблені фотографії маркерів; Y6 – готовий протестований додаток Project Cornea.

## 2.8 Маршрутно-технологічна карта виготовлення AR-додатку

На основі попередніх даних складено маршрутно-технологічну карту (табл.2.8).

Таблиця 2.8 – Маршрутно-технологічна карта виготовлення додатку Project Cornea

№ п/п	Назва операції згідно з блок-схемою	Обладнання для виконання операції	Витратні матеріали	Технологічні режими та програмне забезпечення	Допуски та засоби контролю
1	2	3	4	5	6
1	Проектування конструкції, вигляду та взаємодії з додатком	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL	—	Microsoft Word, Unity 3D	Розміри екрану у пікселях 1080x2408, 4 екрани інтерфейсу, 3 окремі сцени
2	Створення графічного дизайну		—	Figma	Розміри екрану у пікселях 1080x2408, 4 екрани інтерфейсу
3	Вибір апаратно-технічного забезпечення	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL та смартфон	—	Microsoft Excel	Процесор Intel або AMD 4 ядра з тактовою частотою 2,5

		Nokia G22 4/128			ГГц або вище, 16 Гб ОЗУ, відеокарта nvidia Geforce RTX 2050, Android 8.0+
4	Вибір засобів контролю	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL	—	Autodesk AutoCAD	Діаграма Ішікави, денне освітлення
5	Вибір програмного забезпечення	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL	—	Microsoft Excel, Unity 3D, плагіни AR Foundation, Google ARCore, Microsoft Visual Studio 2019, Android Build Support, Android SDK&NDK, OpenJDK	Додаток для ОС Android 8.0 та вище
6	Складання блок-схеми	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL	—	Autodesk AutoCAD	—
7	Виконання розрахунків завантаження та створення циклограми		—	Autodesk AutoCAD, Microsoft Word	Розрахунки в хвилинали
8	Складання маршрутно-технологічної карти		—	Microsoft Word	—
9	Обробка фотографій маркерів		Рекламна картка та сторінка каталогу	Adobe Photoshop 2021	Офсетний друк, Контраст +25; фізичні розміри: Маркер 1 – 14,5x14,8 см, Маркер 2 – 10,5x14,9 см
10	Написання скриптів		—	Microsoft Visual Studio 2019, мова програмування C#	Виведення повідомлень «Дефектів не виявлено» для Маркеру 1 або «Помічено дефект!» для Маркеру 2

11	Створення сцен		—	Unity 3D, плагіни	3 окремі сцени
12	Додавання графічного дизайну		—	AR Foundation, Google ARCore	Формат зображень .png
13	Тестування та компіляція білду		—	Unity 3D, Android Build Support, Android SDK&NDK, OpenJDK	Створення робочого файлу .apk із повідомленням «Build Successful»

Зображення двох маркерів було опрацьовано у графічному редакторі Adobe Photoshop (рис.2.8).

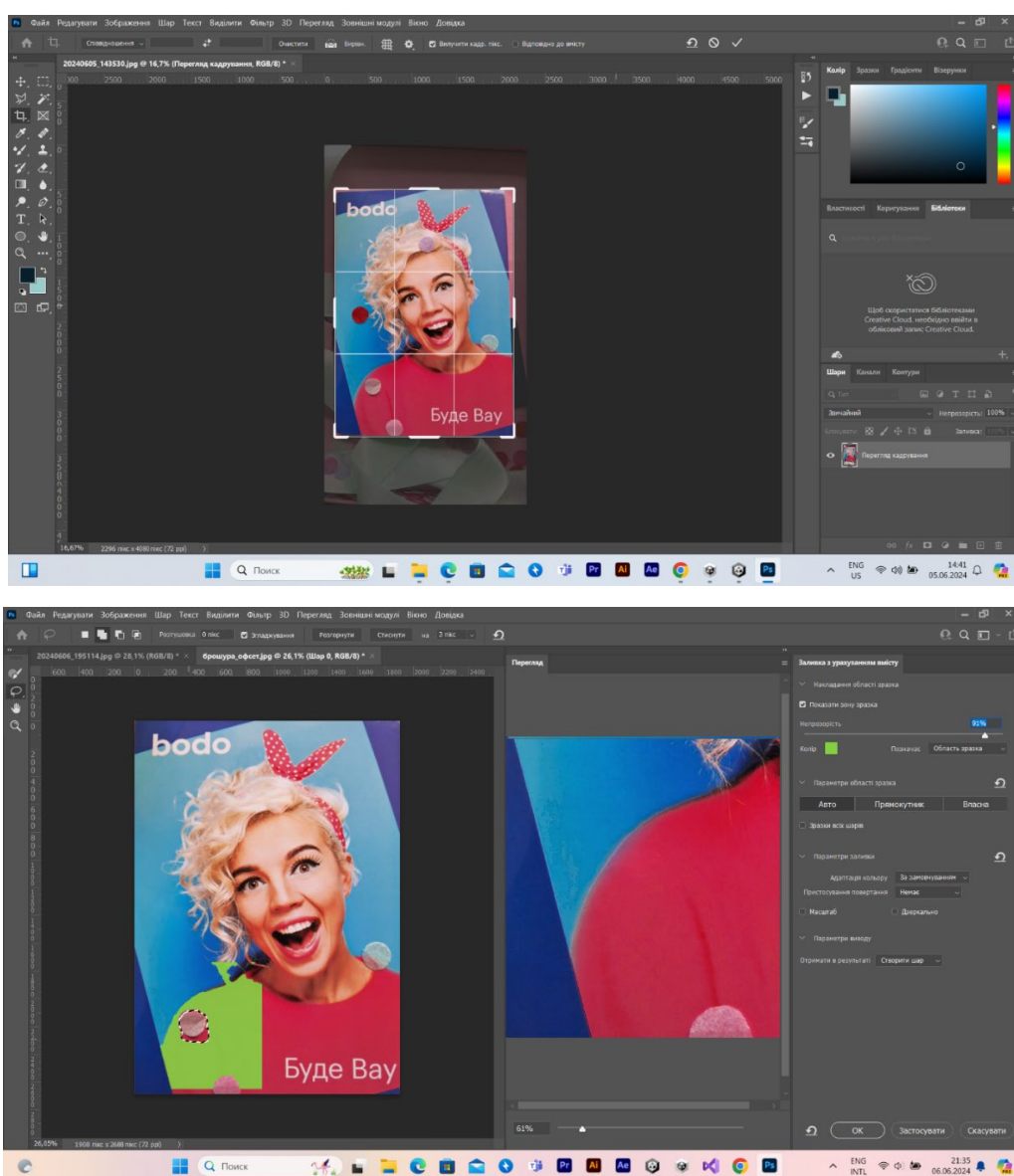


Рис.2.8 Обробка зображень маркерів, кадрування та заливка Content-Aware Fill

## Висновки до розділу 2

Розділ 2 був присвячений технологічному процесу виготовлення AR-додатку Project Cornea. Для створення додатку було обрано маркерну технологію з урахуванням її розповсюдженості та простоти.

На основі напрацювань попереднього Розділу 1 було узгоджено концепцію додатку, його остаточну конструкцію та зовнішній вигляд. Конструкція має представляти собою 3 тривимірні сцени, між якими користувач перемикається під час взаємодії з додатком. Було досліджено пропозицію апаратного та програмного забезпечення на ринку, обґрунтовано вибір для виконання проекту за допомогою порівняння площі пелюсткових діаграм. За допомогою діаграми Ішікави визначено, що для коректної роботи додатку необхідно забезпечити денне освітлення, також кількість маркерів доповненої реальності має бути вище одного. З урахуванням наявних видів продукції офсетного друку було обрано 2 маркери – з дефектом та без нього – для демонстрації роботи ідеї розпізнавання дефектів.

Маркери було сфотографовано для отримання цифрових файлів. Згодом фотографії було опрацьовано у растровому редакторі Adobe Photoshop для підвищення контрасту зображень, оскільки це впливає на розпізнавання.

Створення додатку було виконано у ігровому рушії Unity 3D, який було обрано з міркувань простоти роботи та наявності плагінів доповненої реальності AR Foundation та Google ARCore. Було створено три сцени, з яких одна сцена передбачена для сканування продукції на дефекти, для цього у неї було додано обов'язкові компоненти доповненої реальності AR Session Origin, AR Session та AR Camera. Ці компоненти створюються автоматично за умови використання шаблону AR Template у Unity 3D. Для пов'язування графічного інтерфейсу зі сценами було написано скрипти мовою програмування C# та додано до об'єктів сцени.

В результаті роботи над розділом було створено готовий додаток Project Cornea у форматі .apk для ОС Android, виконано тестування. Виявлено, що додаток працює згідно із задумом.

### 3 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ВИКОНАННЯ ПРОЦЕСУ КОНСТРУЮВАННЯ

#### 3.1 Розробка алгоритму процесу створення AR-додатку

Створення AR-додатку передбачає деякі умови, які мають бути задоволені для отримання продукту, що відповідає ТЗ. Умови розробки AR-додатку Project Cornea описано у вигляді алгоритму процесу створення (рис.3.1).

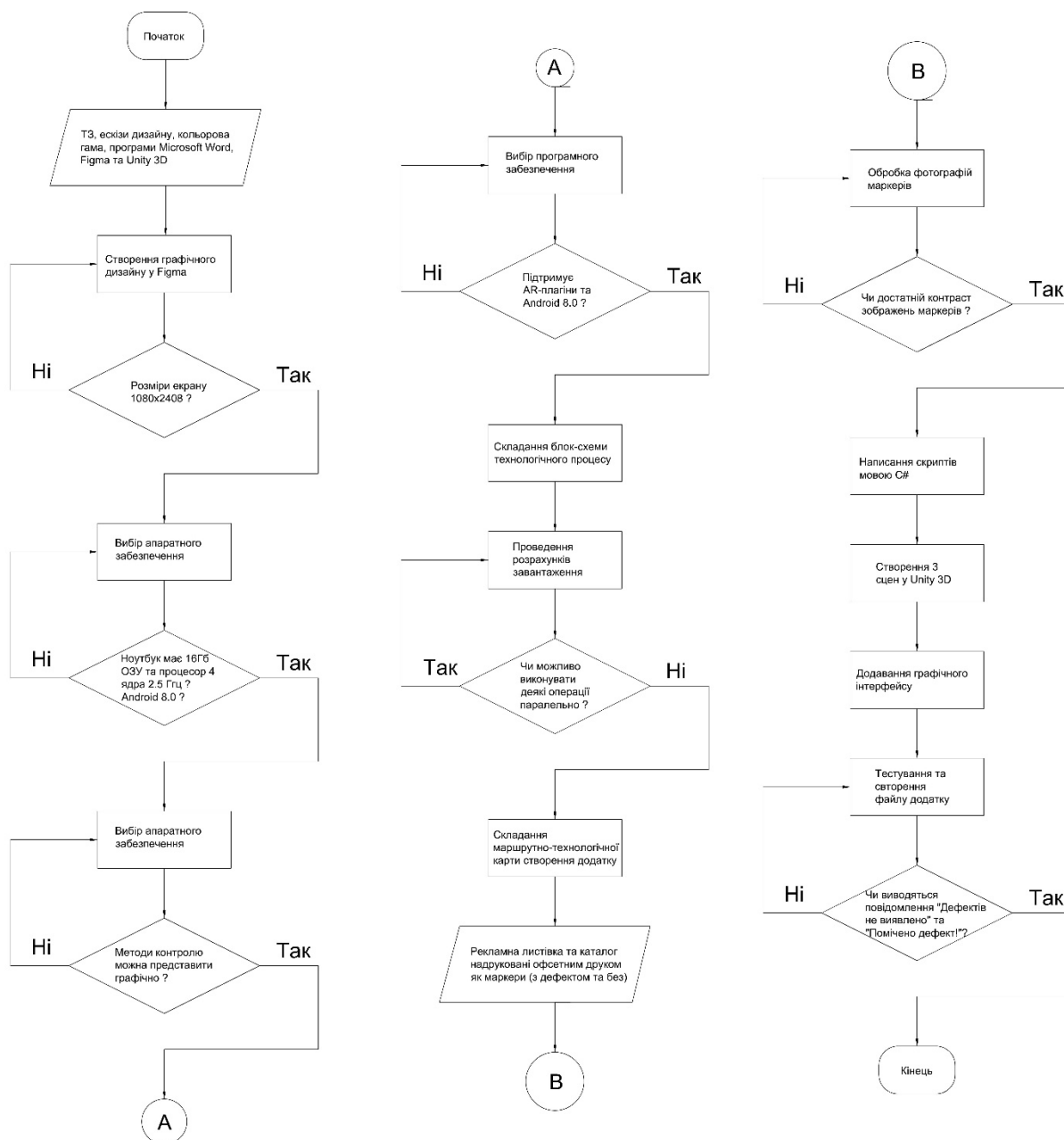


Рис.3.1 Алгоритм процесу створення AR-додатку

Алгоритм розроблено з умовою, що протягом розробки додатку було створено оновлену блок-схему технологічного процесу створення додатку.

### 3.2 Вимоги до робочого місця виконання процесу

Вимоги до робочого місця визначено згідно з «Правилами охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості» (zareєстрованих в Міністерстві юстиції України 26 грудня 2007 р. за № 1395/14662. [31]

Розробка додатку проходить в умовах кімнати у квартирі, небезпечні речовини відсутні, тому ключовими вимогами до робочого місця є рівень освітлення та мікроклімат (швидкість руху повітря, температура та вологість повітря), а також ергономіка з огляду на сидячу роботу за комп'ютером. Згідно з Загальними вимогами у «Правилах охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості», захист працівників від надмірної інсоляції (світлового випромінювання) за природного освітлення слід використовувати сонцезахисні жалюзі або штори [31]. Ергономіка робочого місця, яке передбачає виконання роботи у сидячому положенні, залежить від зручності стільця. Для виконання робіт сидячи потрібно комплектувати робоче місце стільцем з регульованою висотою сидіння. [31]

### 3.3 Аналіз умов обслуговування робочого місця

Робочі дільниці мають опорядження для забезпечення правил охорони праці (табл.3.1) [31, ст. 1–5].

Таблиця 3.1 – Рекомендації з опорядження стін, стель і вибору покриття підлог виробничих приміщень

Назва дільниці	Обробка та вид покриття			
	Стіни та колони	Панелі	Стелі	Підлога
Приміщення створення AR-додатку	Матеріали відповідають вимогам пожежної безпеки та легко очищаються	Панелі сприяють кращому розподілу світла в приміщенні, додаткова ізоляція	Негорючі матеріали, що підтримують звукоізоляцію	Антиковзкі покриття

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на РМ (табл. 3.2) враховано для безпеки працівників на робочому місці [31, ст. 9–14].

Таблиця 3.2 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори в цеху (дільниці)

Назва цеху або дільниці	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори		
	Фізичні	Хімічні	Психофізіологічні
Приміщення створення AR-додатку	Підвищений рівень шуму від друкарських машин. Вібрація від обладнання. Недостатнє освітлення або неправильно організоване освітлення робочих зон. Електромагнітні поля від електричних пристроїв.	Фарби, розчинники, хімічні речовини, що застосовуються у друкарському процесі	Стрес працівників

Освітлення дільниці грає важливу роль для збереження зору, та його нормативні показники вказані у таблицях (табл. 3.3, 3.4) [32].

Таблиця 3.3 – Норми штучного освітлення виробничого приміщення

Робоча поверхня	Фон	Розряд і підрозряд зорових робіт	Освітленість, лк		Показник осліплення, не більше	Коефіцієнт пульсації	Тип ламп
			комбіноване освітлення	загальне освітлення			
Стіл	Світлий, середній, темний	2 в	200	500	20	10%	Розрядні

Таблиця 3.4 – Нормативи коефіцієнта природного освітлення (КПО) бокового освітлення

Розряд зорових робіт	Цех, дільниця, виробничі операції	Природне освітлення, КПО, %, не менше
2	Робоче місце оператора, написання коду, графічний дизайн, складання креслеників	4,2

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони зведено у таблицю (табл.3.5) [33].

Таблиця 3.5 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Агрегатний стан	Особливості дії на організм
Синтетичні миючі засоби типу "Кристалл" на основі алкілсульфату натрію	0,04	2	Рідкий та газоподібний	Подразнення дихальних шляхів, шкіри та очей при прямому контакті чи вдиханні

Мікроклімат у кімнаті, яка слугує робочим місцем, має відповідати вимогам, що викладені у ДСН 3.3.6.042-99 "Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень", затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 N42 [34], та зведені таблицю (табл.3.6).

Таблиця 3.6 – Параметри мікроклімату робочої зони, рекомендовані кратності та способи повітрообміну

Категорія робіт	Температура, °С			Відносна вологість		Швидкість руху повітря в робочій зоні, м/с		Кратність повітрообміну, обмінів/год, схема вентиляції
	оптимальна	допустима на робочих місцях		оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	
		постійних	непостійних					
Легка 1а	22	28	30	55	55	0.2	0.1	-

Нормативи виробничого шуму вказані в таблиці (табл. 3.7) [35].

Таблиця 3.7 – Допустимі рівні шуму у виробничих і допоміжних приміщеннях поліграфічних підприємств

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ (А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Було зібрано дані для аналізу робочого місця за характеристикою середовища, вибухо- та пожежонебезпекою, ступенем небезпеки ураження електричним струмом (табл. 3.8) [36, 37].

Таблиця 3.8 – Аналіз дільниці за характеристикою середовища, вибухо- та пожежонебезпекою, ступенем небезпеки ураження електричним струмом

Характеристика середовища в приміщенні	Категорія приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою (згідно з ОНТП 24–86)	Клас вибухо- чи пожежонебезпечної зони (згідно з ДНАОП 0.00–1.32–01)	Категорія небезпеки ураження електричним струмом
Тепла пора року, природне освітлення	Г та И	2 та 12	Низька

Мінімальні відстані для розміщення устаткування на ділянці важливі для грамотного розподілу площі (табл. 3.9) [38].

Таблиця 3.9 – Мінімальні відстані для розміщення устаткування

Назва обладнання	Відстані між машинами, м			Відстані від машини до стін, колон, м	
	в неробочій зоні	в робочій зоні	за наявності двох суміжних робочих зон	в неробочій зоні	в робочій зоні
Відеодисплейний термінал	-	-	-	1.2	2.5

Мінімальна ширина проїзду у виробничих цехах зазначена у таблиці для створення безпечних умов роботи (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Мінімальна ширина проїздів у виробничих цехах

Напрямок руху	Малогабаритні шафи-візки шириною до 0,4 м	Ручні візки шириною до 0,7 м	Ручні візки шириною до 1 м	Електрокари шириною до 1,2 м
-	-	-	-	-

Вказано розмірні характеристики РМ для виконання робіт сидячи і стоячи (табл. 3.11) [38].

Таблиця 3.11 – Розмірні характеристики робочого місця для виконання робіт сидячи і стоячи

Категорія роботи	Характер роботи	Висота робочої поверхні від рівня підлоги, мм		
		для жінок	для чоловіків	для жінок і чоловіків
Легка 1а	сидячи	800 мм	1000 мм	900

### 3.4 Проектування плану робочого місця

План робочого місця виконано згідно з вимогами ДСТУ Б А.2.4.-7-95 (ГОСТ21.501-93) «Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень» у масштабі 1:50 (рис.3.2).

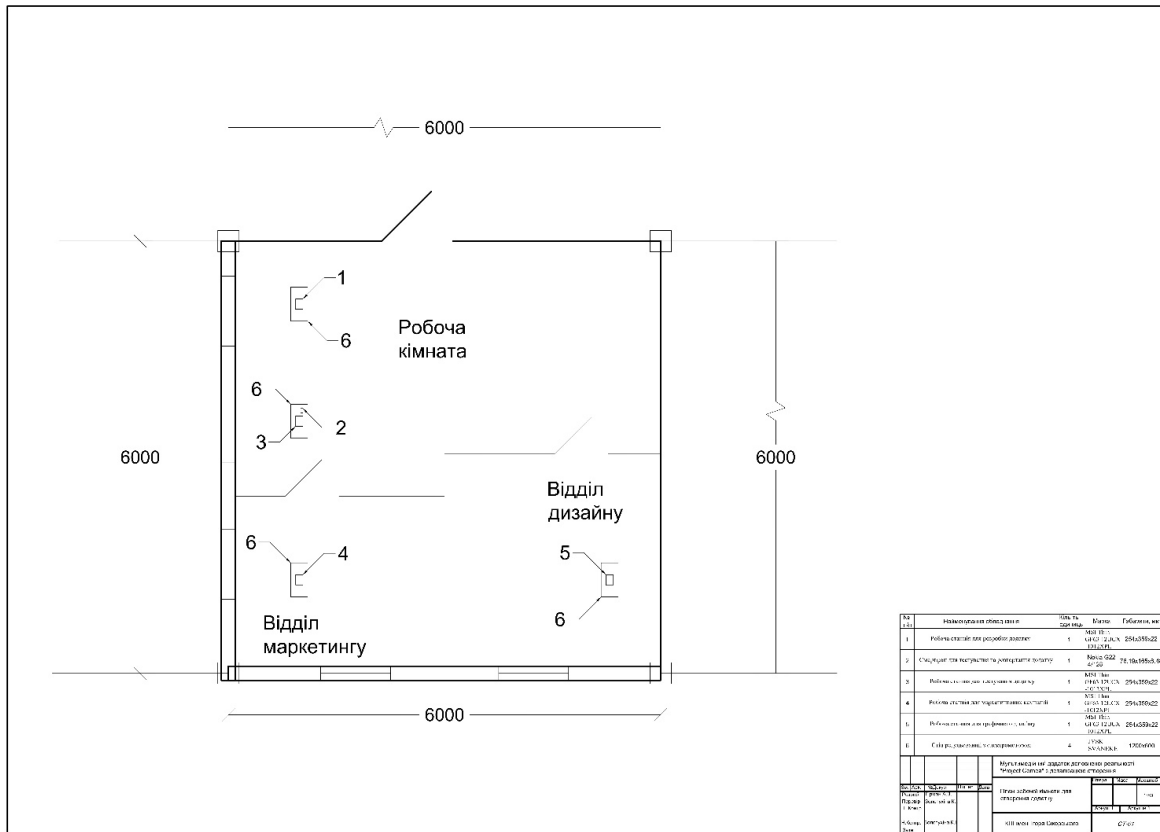


Рис.3.2 Креслення плану робочого приміщення для створення AR-додатку

### Висновки до розділу 3

У Розділі 3 було досліджено умови робочого місця для створення мультимедійного AR-додатку. Для цього були взяті до уваги дані про апаратне устаткування з Розділу 2, також вимоги до охорони праці згідно з «Правилами охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості».

Аналіз вимог із державних стандартів ДСН 3.3.6.042-99 "Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень", ОНТП 24–86 та ДНАОП 0.00–1.32–01 показав, що найбільш важливими вимогами до умов праці у робочій кімнаті є мікроклімат, освітлення та пожежна безпека.

Результатом роботи став алгоритм технологічного процесу створення AR-додатку та креслення плану робочого приміщення у складі виробничої будівлі у масштабі 1:50.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Розрахунок витрат на придбання ліцензій до програмних продуктів

Витрати на ліцензії до програмних продуктів можливо розрахувати як витрати на матеріали за формулою:

$$B_m = B_{m.o} + B_{m.d} + B_{m.mp},$$

де  $B_m$  – витрати на матеріали, грн;

$B_{m.o}$  – витрати на основні матеріали, грн;

$B_{m.d}$  – витрати на допоміжні матеріали, грн;

$B_{m.mp}$  – транспортні витрати на матеріали, грн.

Для створення AR-додатку Project Cornea було використано лише одну платну програму – Adobe Photoshop, її можливо придбати окремо за ціною \$11,03 на місяць (**446.52 гривні** станом на 12.06.2024).

Тоді витрати на придбання ліцензії Adobe Photoshop становлять:

$$B_m = 446.52 + 0 + 0 = 446.52 \text{ грн}$$

### 4.2 Розрахунок витрат на заробітну плату

На робочому місці для створення AR-додатку Project Cornea задіяно 3 основних робітника – розробник 2 розряду, графічний дизайнер 2 розряду та маркетолог 3 розряду. Доцільно залучити також одного допоміжного тестувальника 1 розряду для тестування додатку.

Основна заробітна плата основних робітників становить:

$$ЗПо.о. = (2.85 * 52.32) + (2.85 * 52.32) + (2.85 * 57.6) = 462.38 \approx 462.4 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата допоміжного тестувальника 1 розряду становить:

$$462.4 * 0.24 = 110.976 \approx 111 \text{ грн}$$

Звідси загальна сума витрат на заробітну плату всіх робітників:

$$462.4 * 111 = 573.4 \text{ грн}$$

### 4.3 Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування

Для розрахунку витрат на утримання та експлуатацію 4-ох ноутбуків, 4 столів та 1 смартфона було занесено дані до таблиці (табл.4.1).

Таблиця 4.1 – Вартість устаткування

№ п/п	Технологічні операції	Назва устаткування	Марка устаткування	Вартість устаткування, тис. грн.
1	2	3	4	5
1	Проектування конструкції, вигляду та взаємодії з додатком	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL та JYSK Svaneke	MSI та JYSK	4*28000 + 4*11000
2	Створення графічного дизайну			
3	Вибір апаратно-технічного забезпечення	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL, смартфон Nokia G22 4/128 та JYSK Svaneke	MSI, Nokia та JYSK	4*28000 + 4300 + 4*11000
4	Вибір засобів контролю	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL та JYSK Svaneke	MSI та JYSK	4*28000 + 4*11000
5	Вибір програмного забезпечення	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL та JYSK Svaneke		
6	Складання блок-схеми	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL та JYSK Svaneke	MSI та JYSK	4*28000 + 4*11000
7	Виконання розрахунків завантаження та створення			

	циклограми			
8	Складання маршрутно-технологічної карти			
9	Обробка фотографій маркерів			
10	Написання скриптів			
11	Створення сцен			
12	Додавання графічного дизайну			
13	Тестування та компіляція білду	Ноутбук MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL, смартфон Nokia G22 4/128 та JYSK Svaneke	MSI, Nokia та JYSK	4*28000 + 4300 + 4*11000
Загальна вартість устаткування				150300

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування розраховуються за формулою:

$$B_{уст} = B_a + B_e + B_{пр} + I_e,$$

де  $B_{уст}$  – витрати на утримання і експлуатацію устаткування, грн.

$B_a$  – витрати на амортизацію устаткування, грн;

$B_e$  – витрати на електроенергію для технологічних потреб, грн;

$B_{пр}$  – витрати на поточний ремонт виробничого устаткування, грн;

$I_e$  – інші витрати на утримання і експлуатацію устаткування, грн.

Робота над додатком проходить в одну зміну, тому фонд робочого часу устаткування узято 2000 годин на рік.

Коефіцієнт зайнятості ноутбуку, смартфона та столу розраховано за формулою:

$$K_3 = \frac{2.85}{2000} = 0,001425$$

Сума амортизаційних відрахувань на **1 ноутбук** становить:

$$Ba. \text{ ноут.} = \frac{30800 \times 50 \times 0,001425}{100} = 0,022 \text{ тис. грн.}$$

Сума амортизаційних відрахувань на **1 смартфон** становить:

$$Ba. \text{ ноут.} = \frac{4300 \times 50 \times 0,001425}{100} = 0,003 \text{ тис. грн.}$$

Сума амортизаційних відрахувань на **1 стіл** становить:

$$Ba. \text{ ноут.} = \frac{12100 \times 25 \times 0,001425}{100} = 0,0043 \text{ тис. грн.}$$

Оскільки на робочому місці використовуються 4 ноутбуки та 4 столи для них, тоді загальна сума амортизаційних відрахувань становитиме:

$$Ba. \text{ заг.} = (4 \times 0,022) + (4 \times 0,0043) + 0,003 = 0,1082 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок витрат на амортизацію устаткування занесені до таблиці (табл.4.2).

Таблиця 4.2 – Витрати на амортизацію устаткування

Назва устаткування	Ціна одиниці устаткування ( $B_{np}$ ), тис. грн.	Вартість транспортно-монтажних робіт ( $B_{mnp}$ ), тис. грн	Балансова вартість устаткування ( $B_0$ ), тис. грн.	Коефіцієнт зайнятості ( $K_3$ )	Балансова вартість устаткування з врахуванням коефіцієнта зайнятості, тис. грн.	Норма амортизаційних відрахувань ( $H_a$ ), %	Сума амортизаційних відрахувань ( $B_a$ ), тис. грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL	28000	2800	30800	0,001425	0,04389	50	0,022

Nokia G22 4/128	4300	0	4300	0,0014 25	0,006128	50	0,003
JYSK Svaneke	11000	1100	12100	0,0014 25	0,0173	25	0,0043
Загальна сума амортизаційних відрахувань							0,0293

Витрати на електроенергію для технологічних потреб визначаються за формулою:

$$V_e = P_c \cdot T_v \cdot K_e \cdot C,$$

де  $V_e$  – витрати на електроенергію для технологічних потреб, грн;

$P_c$  – потужність струмоприймачів, кВт;

$T_v$  – трудомісткість виготовлення видання (час роботи устаткування), год.;

$C$  – ціна за 1 кВт/годину електроенергії, грн (4,57 грн станом на 2023 р.);

$K_e$  – коефіцієнт втрат в електродвигуні та електромережі ( $K_e=1,1$ ).

Витрати на електроенергію для ноутбуку становлять:

$$V_e = 0,120 \times 2,85 \times 1,1 \times 4,57 = 1,72 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для смартфона становлять:

$$V_e = 0,020 \times 2,85 \times 1,1 \times 4,57 = 0,29 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для столу з регулюванням становлять:

$$V_e = 0,150 \times 2,85 \times 1,1 \times 4,57 = 2,15 \text{ грн.}$$

На робочому місці 4 ноутбуки та 4 столи з регулюванням, відповідно сумарні витрати на електроенергію для ноутбуку та столу треба помножити на 4:

$$(4 \times 1,72) + (4 \times 2,15) + 0,29 = 15,77 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для технологічних потреб занесено до табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок витрат на електроенергію для технологічних потреб

Назва устаткування	Потужність струмоприймачів ( $P_c$ ), кВт	Трудомісткість виготовлення видання ( $T_e$ ), год.	Коефіцієнт витрат, ( $K_e$ )	Потреба в електроенергії, кВт/год.	Ціна 1 кВт/год, грн.	Витрати на електроенергію ( $B_e$ ), грн.
1	2	3	4	5	6	7
MSI Thin GF63 12UCX-1012XPL	0,120	2.85	1.1	52.4	4.57	1.72
Nokia G22 4/128	0,020	2.85	1.1	60.6	4.57	0.29
JYSK Svaneke	0,150	2.85	1.1	0.06	4.57	2.15
Разом витрати на електроенергію						4.16

Витрати на поточний ремонт виробничого устаткування визначаються за формулою:

$$B_{np} = C_p \cdot T_c \cdot K_z,$$

де  $C_p$  – ціна 1 нормо-години ремонтних робіт, грн;

$T_c$  – середньорічна трудомісткість ремонту в нормо-годинах (табл. 4.4);

$K_z$  – коефіцієнт зайнятості устаткування.

Таблиця 4.4 – Середньорічна трудомісткість ремонту [39]

Обладнання	$T_c$
Комп'ютери, сканери, принтери	20
Копіювальні рами	40
Фотоскладальні автомати	170
Різальні машини	120
Проявочні процесори, системи виготовлення офсетних пластин	190

Аркушеві друкарські машини	400
Рулонні друкарські машини	450
Фальцювальні машини	130

Ціна однієї нормо-години розрахована як добуток тарифної ставки погодинника 6 розряду та коефіцієнту доплат на премій (1.45):

$$Ц_p = 86.40 \times 1.45 = 125.28 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт ноутбука становитимуть (табл.4.5):

$$В_{пр.} = 125.28 \times 20 \times 0,001425 = 3.57 \text{ грн.}$$

Для 4 ноутбуків витрати на поточний ремонт становитимуть:

$$В_{пр.} = 4 \times 3.57 = 14.28 \text{ грн.}$$

Один смартфон матиме такі самі витрати на ремонт, як і 1 ноутбук, тому разом:

$$В_{пр.} = (4 \times 3.57) + 3.57 = 17.85 \text{ грн.}$$

Інші витрати на утримання і експлуатацію устаткування становлять 40% від суми витрат на амортизацію, електроенергію для технологічних потреб та поточний ремонт устаткування, витрати становитимуть:

$$І_v = 0.4 \times (0.1082 + 15.77 + 17.85) = 13.5 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.5 – Витрати на поточний ремонт виробничого устаткування

Назва устаткування	Трудомісткість поточного ремонту ( $T_c$ ), нормо-годин	Коефіцієнт зайнятості, ( $K_s$ )	Трудомісткість поточного ремонту з врахуванням коефіцієнту зайнятості, нормо-годин	Ціна 1 нормо-години ремонтних робіт ( $C_p$ ), грн.	Витрати на поточний ремонт ( $B_{пр}$ ), грн.
1	2	3	4	5	6
MSI Thin GF63 12UCX-	20	0,001425	0.0285	125.28	3.57

1012XPL					
Nokia G22 4/128	20	0,001425	0.0285	125.28	3.57
Разом витрати на поточний ремонт					7.14

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування становитимуть:

$$\text{Вуст.} = 0.1082 + 15.77 + 17.85 + 13.5 = \mathbf{47.23 \text{ грн.}}$$

#### 4.4 Розрахунок собівартості виготовлення AR-додатку

Повна собівартість додатку розраховується за формулою:

$$C_n = C_v + B_{nv},$$

де  $C_n$  – повна собівартість, грн;

$C_v$  – виробнича собівартість, грн. (446.52 грн.);

$B_{nv}$  – позавиробничі витрати, грн.

Позавиробничі витрати становлять 0,7% від виробничої собівартості й

розраховуються за формулою:

$$B_{nv} = 0,007 \cdot C_v.$$

Позавиробничі витрати виготовлення AR-додатку становитимуть:

$$\text{Впв} = 0,007 \times 446.52 = \mathbf{3.13 \text{ грн.}}$$

Повна собівартість виготовлення AR-додатку становитиме:

$$C_n = 446.52 + 3.13 = \mathbf{449.65 \text{ грн.}}$$

#### Висновки до розділу 4

У ході виконання Розділу 4 було обґрунтовано економічну частину дипломного проекту зі створення AR-додатку Project Cornea. На основі даних попередніх розділів було послідовно виконано розрахунки для визначення повної собівартості виготовлення додатку доповненої реальності.

Для розрахунку повної собівартості було розраховано витрати на придбання програмного забезпечення, витрати на заробітну плату, витрати на

експлуатацію устаткування та позавиробничі витрати. В ході виконання цих розрахунків було визначено повну собівартість, що становить 449.65 грн.

Для отримання значень витрат на утримання та експлуатацію устаткування було проаналізовано та розраховано ряд інших витрат, а саме витрати на амортизацію, витрати на електроенергію на технологічні потреби, витрати на поточний ремонт та інші витрати. Дані про амортизацію дали можливість зробити важливі висновки, а саме те, що обране устаткування не використовується більшу частину свого робочого фонду часу, оскільки весь додаток можливо створити за 2.85 години, хоча однозмінний фонд робочого часу становить 2000 годин. Таким чином, для того, аби покрити вартість устаткування, необхідно використовувати його частіше, або взагалі не купувати, а наприклад, орендувати у коворкінгу на 3 години. Є два варіанти вирішення цього питання – використати ноутбуки, смартфон та столи з регулюванням для додаткових робіт, таких як клієнтська підтримка користувачів, або зробити додаток рентабельним за підпискою.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дипломний проект було виконано для дослідження актуальних проблем друкованої продукції. Метою проекту було залучити технології доповненої реальності (Augmented Reality) для створення мультимедійного додатку для розпізнавання дефектів офсетного способу друку. За задумом, такий підхід має сприяти більш ефективній роботі фахівців поліграфічного виробництва в умовах реального підприємства, а також допомагати студентам поліграфічних спеціальностей засвоювати матеріал.

Розділ 1 дає розгорнуту інформацію про актуальні AR-розробки на ринку в Україні та за кордоном. Аналіз інформації дав змогу обрати технологію майбутнього додатку та визначити цільову аудиторію (ЦА). Було обрано назву додатку, його призначення, створено брендинг. Згодом ці напрацювання було використано для створення конструкції додатку та графічного дизайну за фізичними розмірами екрану реального смартфона.

Розділ 2 увібрав в себе вичерпну інформацію про технологічний процес створення AR-додатку. Додаток працює на маркерній технології, маркерами слугують двовимірні зображення. Ігровий рушій Unity 3D було обрано як середовище розробки додатку з міркувань зручності інтерфейсу та наявності безкоштовних доповнень (плагінів), які є обов'язковими для розробки. Важливими компонентами стали плагіни AR Foundation та Google ARCore, адже вони мають набір готових функцій та об'єктів для моделювання сцен із доповненою реальністю.

Розділ 3 описує ключові вимоги до охорони праці та техніки безпеки на робочому місці. Для створення додатку ключовими вимогами є мікроклімат, освітлення та протипожежна безпека.

Розділ 4 охоплює економічне обґрунтування повної собівартості випуску додатку. Проведено розрахунки витрат на придбання ліцензій, заробітну плату, утримання та експлуатацію устаткування тощо. Ці дані дають уявлення про стратегію просування додатку на ринку. Хоча отримані дані потребують доопрацювання, виготовлення додатку можливо назвати корисним.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

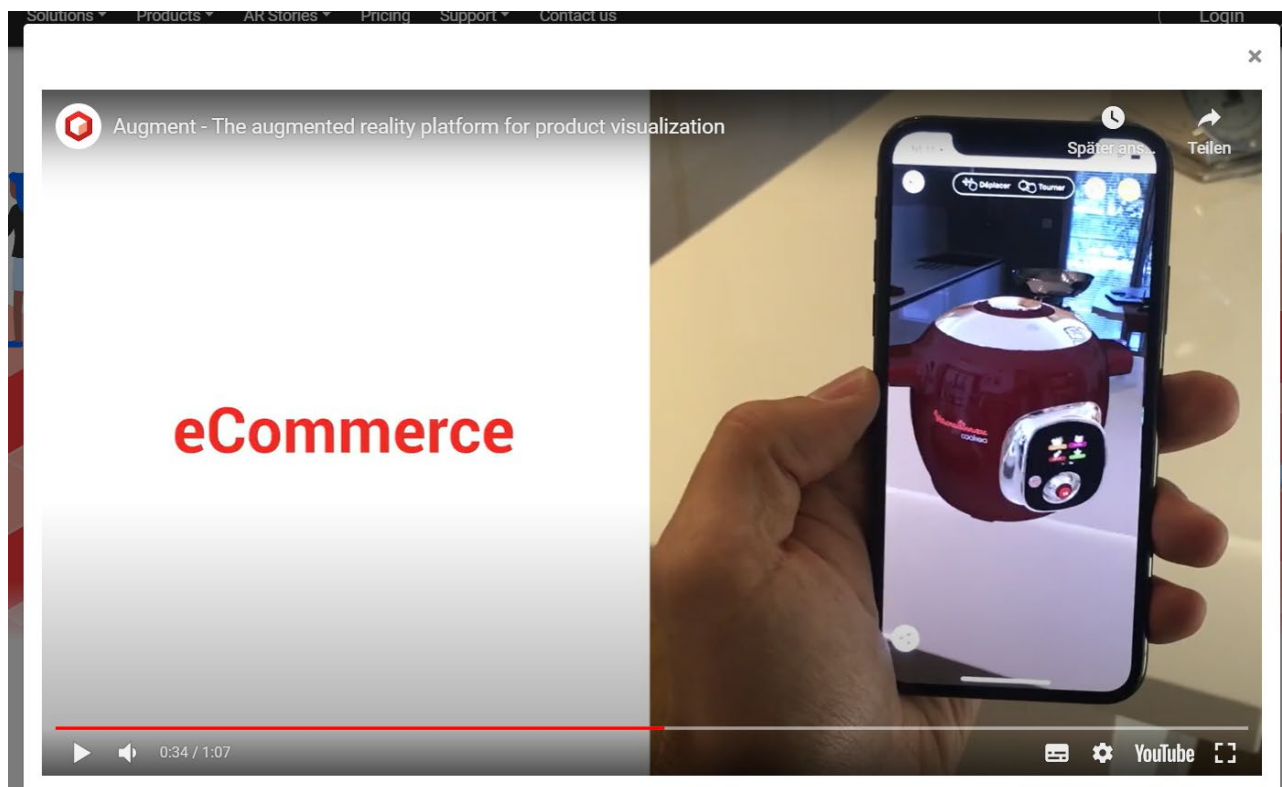
- 1 Researchgate. Suvenirna reklama yak faktor vplivu na povedinku spozivaca [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/347946947\\_Suvenirna\\_reklama\\_a\\_k\\_faktor\\_vplivu\\_na\\_povedinku\\_spozivaca](https://www.researchgate.net/publication/347946947_Suvenirna_reklama_a_k_faktor_vplivu_na_povedinku_spozivaca)
- 2 Lifewire. AR vs. VR vs. MR vs. XR: What's the Difference? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lifewire.com/ar-vs-vr-vs-mr-vs-xr-7089737>
- 3 Inverse. L. Frank Baum Prediction for the Future of Augmented Reality [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.inverse.com/article/18146-l-frank-baum-the-master-key-augmented-reality-futurism>
- 4 Comm6480rpi. Morton Heilig: Pioneer in Virtual Reality [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20171027174513/http://comm6480rpi.blogspot.com/2008/09/morton-heilig-pioneer-in-virtual.html>
- 5 Olafur Eliasson. Uncertain [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://olafureliasson.net/uncertain>
- 6 Fuse Innovation. AR-in-Print [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fuse-innovation.com/ar-in-print/>
- 7 Augmented Print. N°1 for augmented reality printing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://augmented-print.com/en/>
- 8 AtoutCam. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.linkedin.com/company/atoutcam/?originalSubdomain=fr>
- 9 dou.ua. Статичні та динамічні діаграми. Навіщо та як використовувати їх під час документування архітектури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dou.ua/lenta/columns/static-and-dynamic-diagrams/>
- 10 Мельников О.В. ТЕХНОЛОГІЯ ПЛОСКОГО ОФСЕТНОГО ДРУКУ Підручник. – Львів: Афіша, 2003.
- 11 Wezom. AR-розробка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wezom.com.ua/ua/ar-razrobotka>

- 12 Unity XR AR Subsystems - Session Subsystem [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arsubsystems@4.2/manual/session-subsystem.html>
- 13 Andreas Jakl. Getting Started with Google ARCore, Part 2: Visualizing Planes & Placing Objects [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.andreasjakl.com/getting-started-with-google-arcore-part-2-visualizing-planes-placing-objects/>
- 14 Unity. Android environment setup [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/android-sdksetup.html>
- 15 Android Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.android.com/studio>
- 16 Android NDK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.android.com/ndk/>
- 17 DevX. Native Code [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.devx.com/terms/native-code/>
- 18 Augment. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.augment.com/>
- 19 Grades UA. AR в поліграфії [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://print.grades.ua/ar>
- 20 FontFabric. Panton Rust [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fontfabric.com/fonts/panton-rust/#font-styles>
- 21 FontFabric. Aleo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fontfabric.com/fonts/aleo/>
- 22 Developer Networks. How Much RAM Do I Need for Code? A Comprehensive Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/@Developernetworks/how-much-ram-do-i-need-for-code-a-comprehensive-guide-bcf01a26b4f2#:~:text=In%20conclusion%2C%20the%20optimal%20RAM,for%20a%20n%20optimal%20coding%20experience.>
- 23 CGDirector. Unity System Requirements [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cgdirector.com/unity-system-requirements/>

- 24 Artoons Solutions. Unity 3D Minimum Requirements [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://artoonsolutions.com/unity-3d-minimum-requirements/#:~:text=Unity%27s%20minimum%20RAM%20requirement%20is,and%20multitasking%20while%20using%20Unity.>
- 25 Rozetka. Характеристики ноутбука [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/431882381/p431882381/characteristics/>
- 26 Rozetka. Характеристики ноутбука Acer NXKMHEU005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/acer-nxkmheu005/p404990460/characteristics/>
- 27 Rozetka. Характеристики смартфона [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/404610777/p404610777/>
- 28 Rozetka. Характеристики смартфона Nokia G22 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/nokia-g22-4-128-lagoon-blue/p372114870/>
- 29 Ishikawa Kaoru. A Guide to Quality Control [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://archive.org/details/guidetoqualityco00ishi/page/n3/mode/2up>
- 30 Алтуніна А. В. Поліграфічне підприємство з виготовлення паковань з дослідженням впливу параметрів технології офсетного друку на якість продукції : магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою «Технології друкованих і електронних видань» зі спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія». – Київ, 2022. – 86 с.
- 31 Правила охорони праці для підприємств та організацій поліграфічної промисловості: затверджені постановою Міністерства юстиції України 26 грудня 2007 р. № 1395/14662. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1395-07#Text>. – Заголовок з екрана. – Дата звернення: 10.06.2024.
- 32 ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс]. – Доступно за посиланням: <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00078>. – Заголовок з екрана. – Дата звернення: [10.06.2024].

- 33 ДСП 201-97. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://otipb.at.ua/load/dsp\\_201\\_97\\_quot\\_derzhavni\\_sanitarni\\_pravila\\_okhoroni\\_atm\\_osferного\\_povitrja\\_naselenikh\\_misc\\_vid\\_zabrudnennja\\_khimichnimi\\_ta\\_biologichni\\_mi\\_rechovinami/19-1-0-3957#google\\_vignette](https://otipb.at.ua/load/dsp_201_97_quot_derzhavni_sanitarni_pravila_okhoroni_atm_osferного_povitrja_naselenikh_misc_vid_zabrudnennja_khimichnimi_ta_biologichni_mi_rechovinami/19-1-0-3957#google_vignette). – Назва з екрана.
- 34 Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99: затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.99 № 42. [Електронний ресурс] / Головний державний санітарний лікар України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>, вільний. – Заголовок з екрана. – Дата звернення: 10.06.2024.
- 35 ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text>. – Назва з екрана.
- 36 НАПБ Б.07.005-86. Визначення категорій приміщень, будівель та зовнішніх установок за вибухо- та пожежонебезпечністю. – [Електронний ресурс] / Міністерство України з надзвичайних ситуацій. – Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/21-1-0-312#google\\_vignette](https://dbn.co.ua/load/normativy/21-1-0-312#google_vignette). – Заголовок з екрана. – Дата звернення: [10.06.2024]. – Київ, 1986.
- 37 ДНАОП 0.00–1.32–01. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dnaop/6-1-0-20>. – Заголовок з екрана. – Дата звернення: [10.06.2024].
- 38 НПАОП 0.00-1.31-99 "Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0382-99#Text>. – Заголовок з екрана. – Дата звернення: [10.06.2024].
- 39 Положение о техническом обслуживании и ремонте оборудования полиграфических предприятий. – М.: Изд-во «Книжная палата», 1990.

## ДОДАТОК А



 AUGMENT

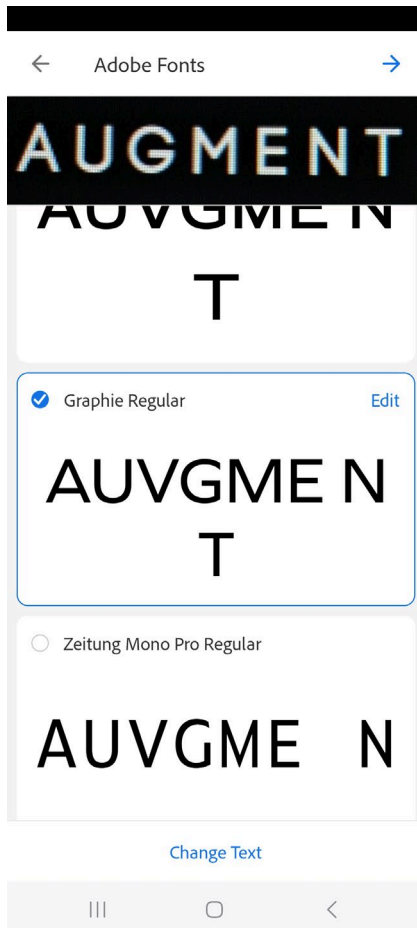
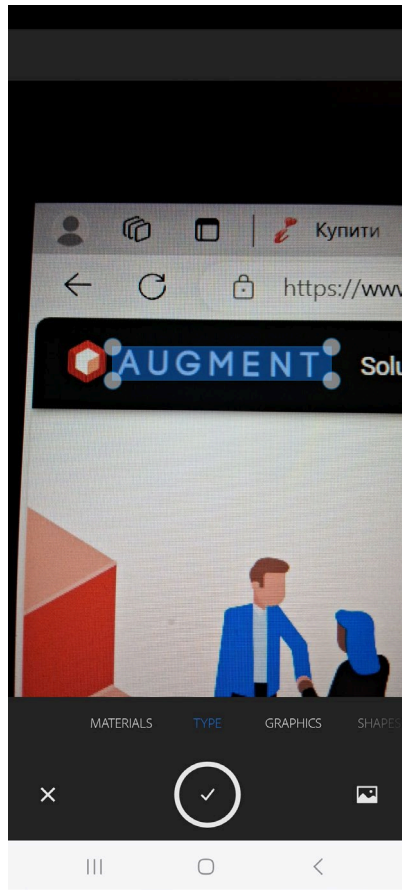
**Welcome!**

**Start visualize 3D models  
in Augment Reality!**

[Explore our Public Gallery](#)

Already have an account? [login](#)







Made by Augm...



Architecture



For Your Home



Cultural Heritage



Electronics



Merchandising

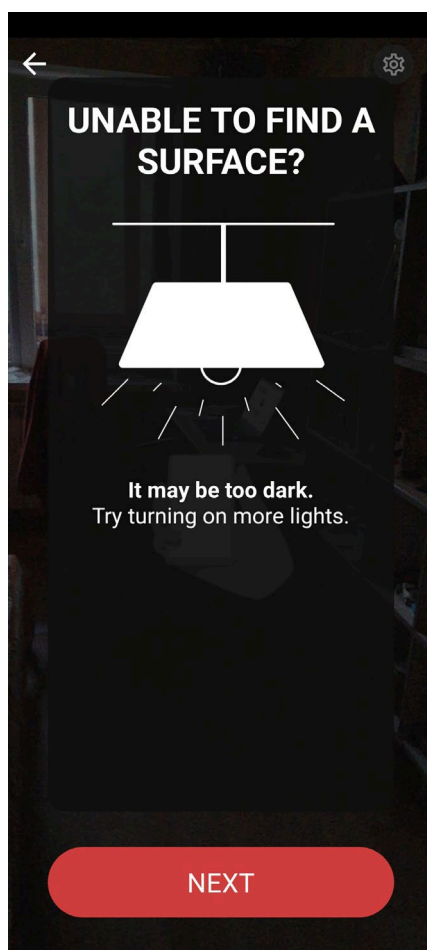
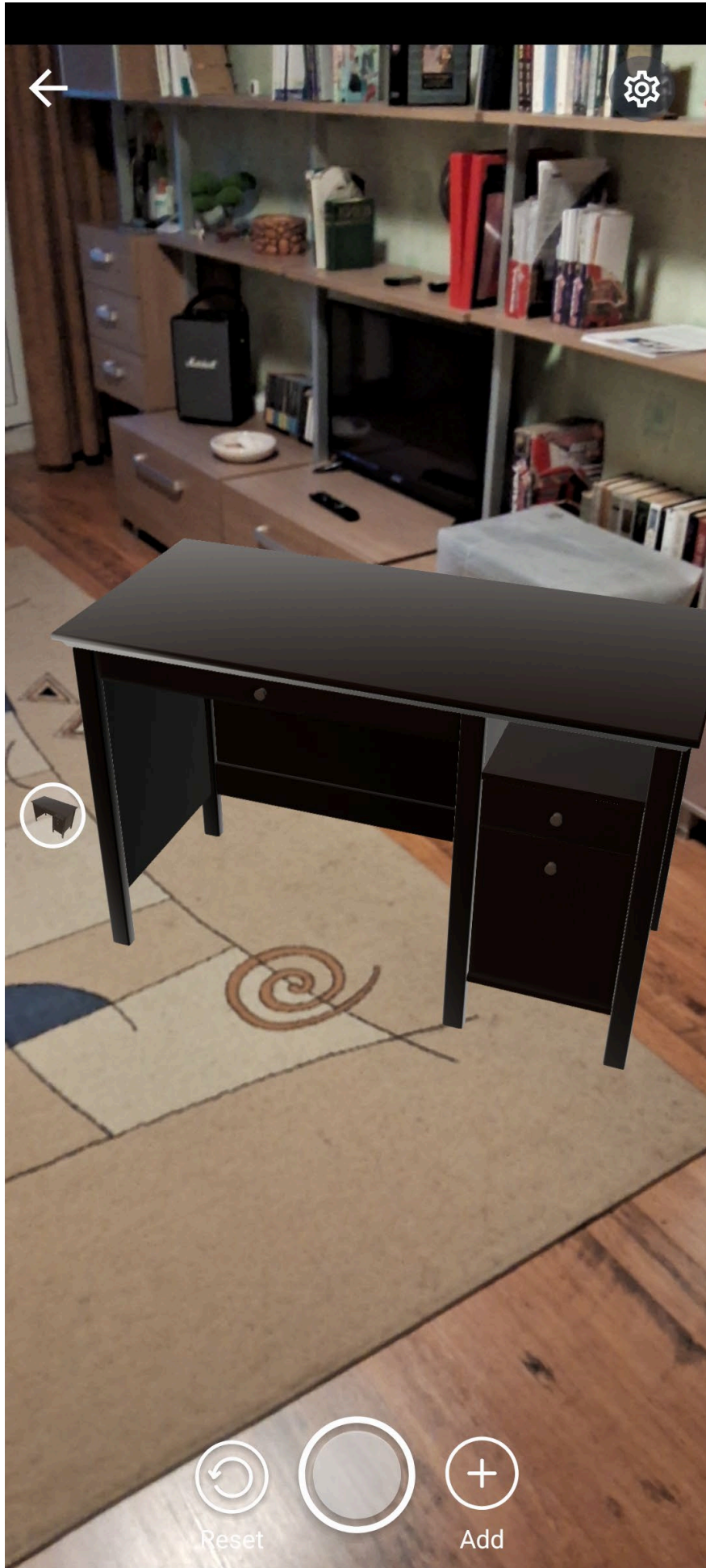


Рис. Додаток Augment



ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

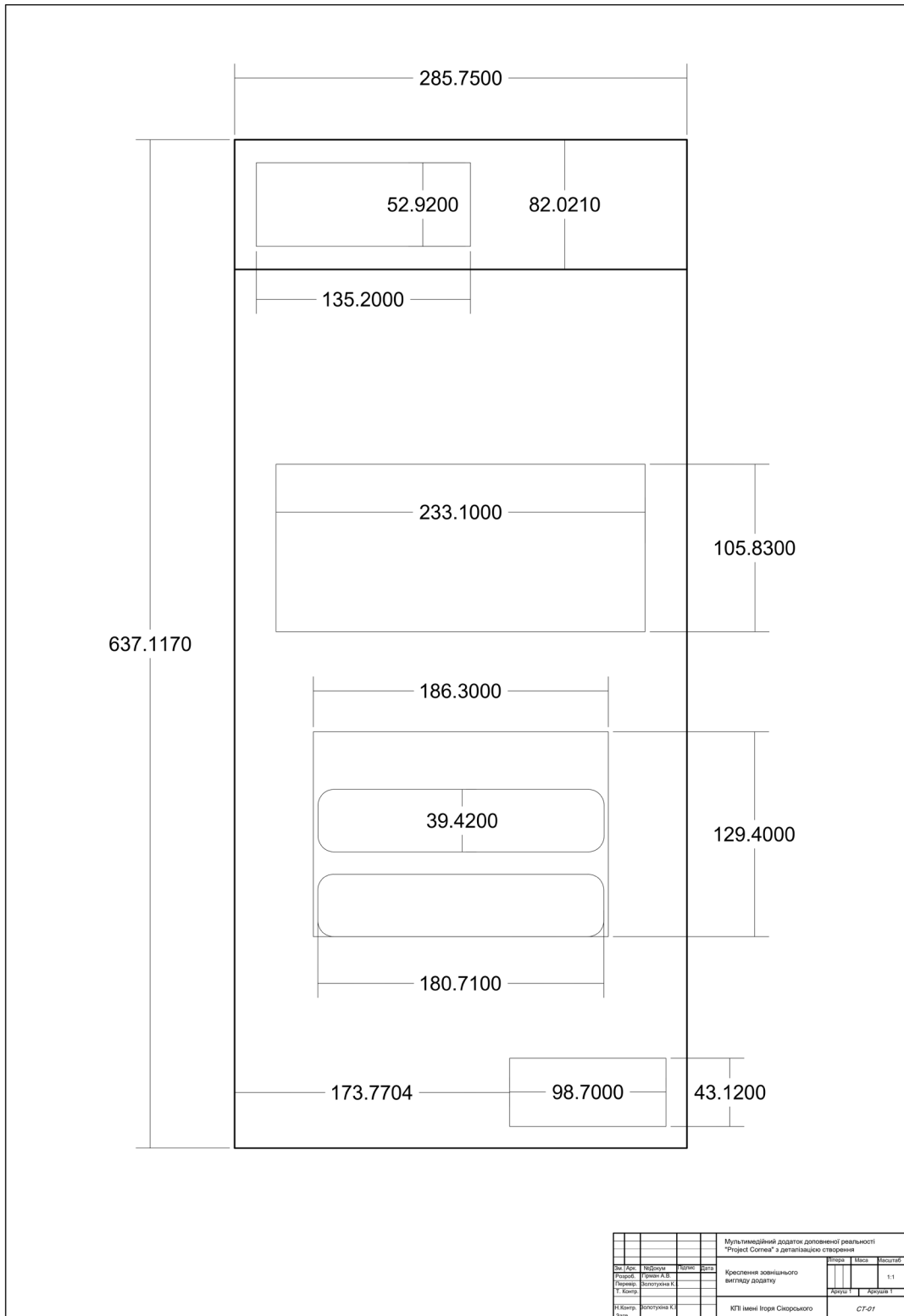


Рис. Конструкція інтерфейсу додатку

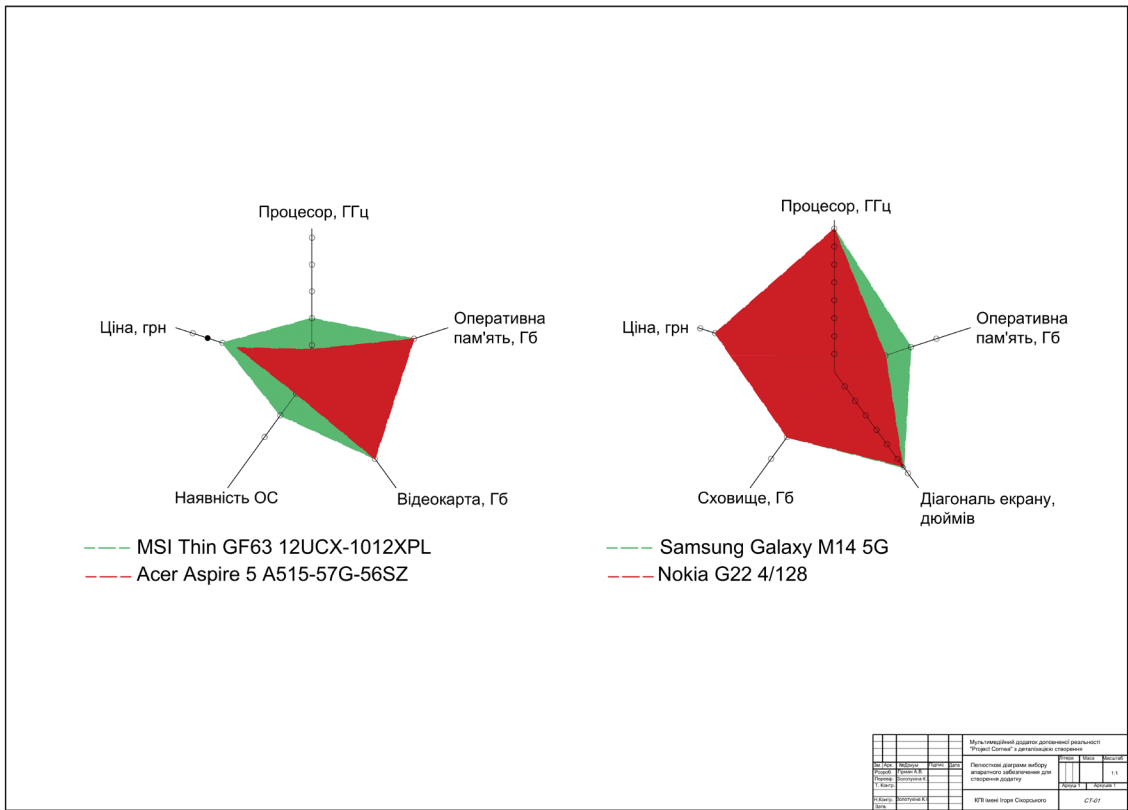


Рис. Пелюсткові діаграми вибору апаратного устаткування для додатку

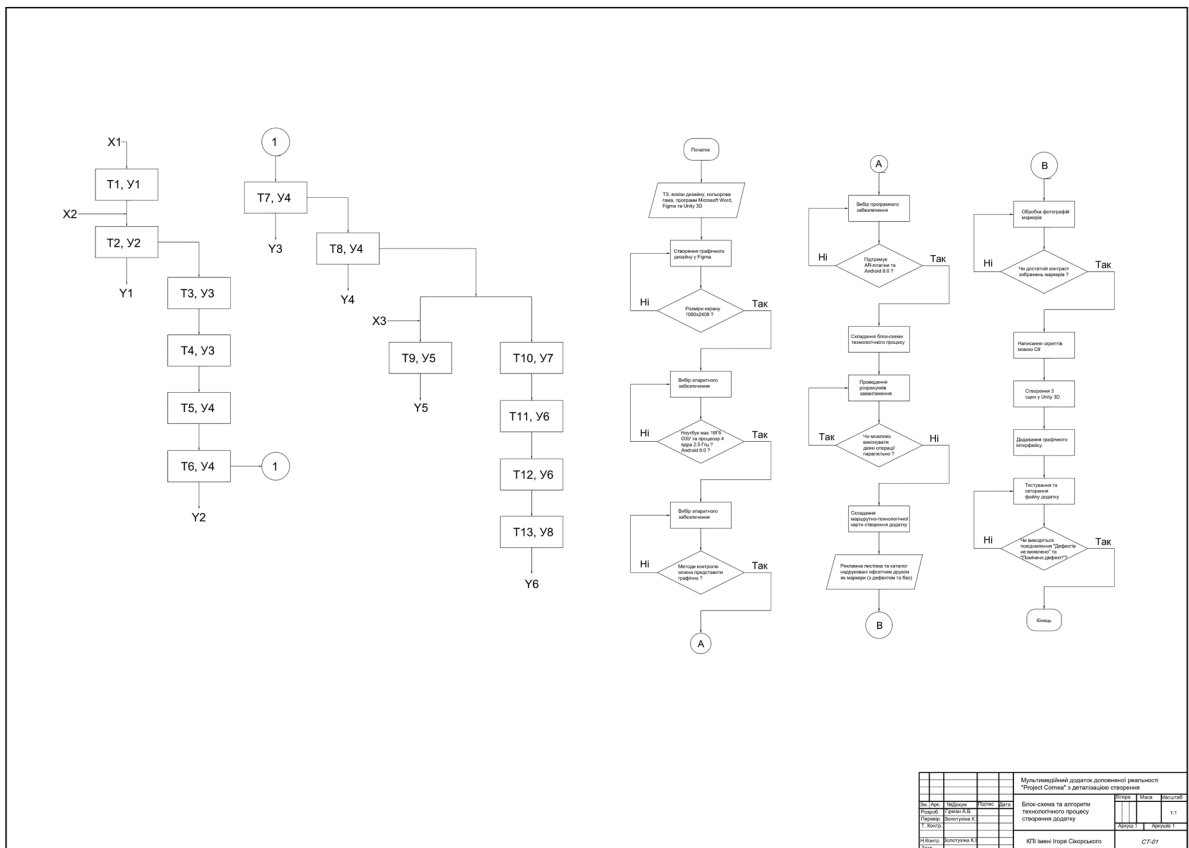


Рис. Оновлена блок-схема та алгоритм технологічного процесу створення AR-додатку

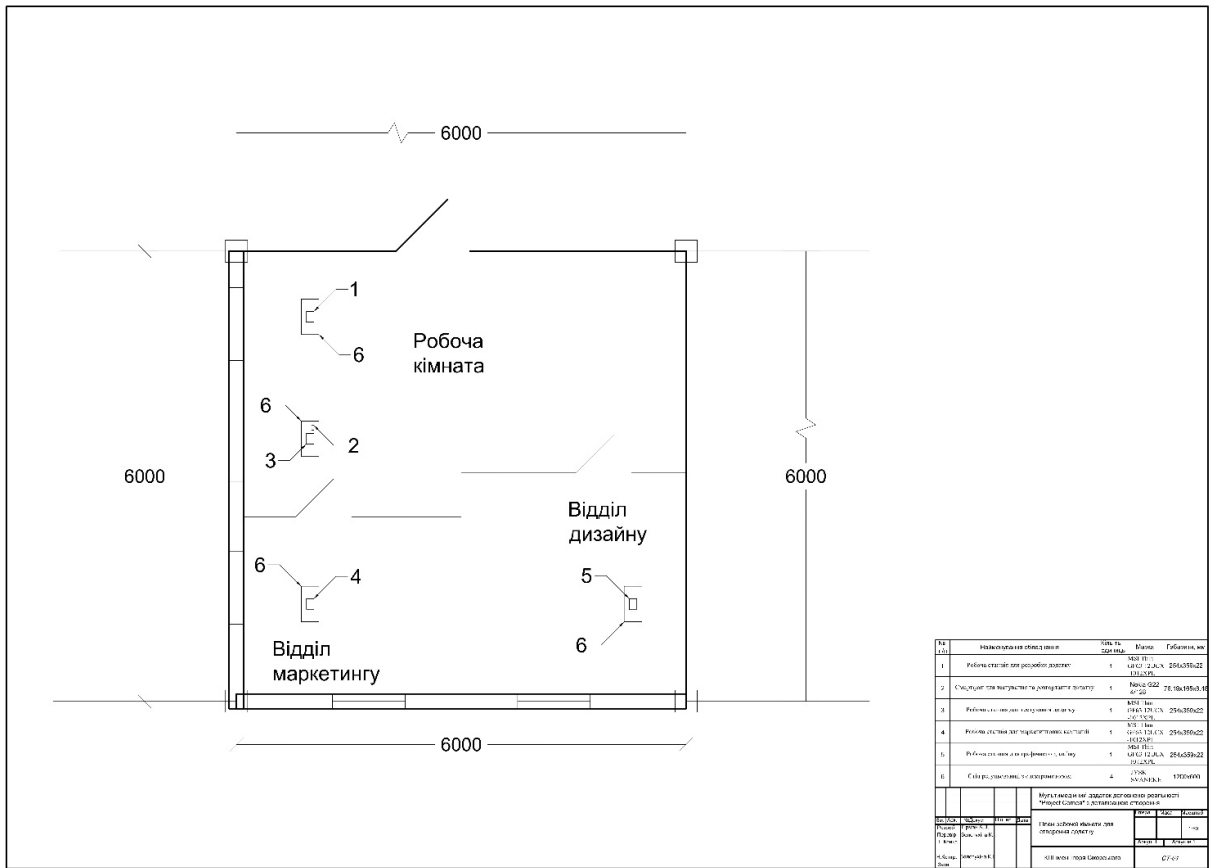


Рис. Креслення плану робочого приміщення для створення AR-додатку

Тези до Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених,  
аспірантів та студентів “Інформаційні технології в сучасному світі:  
дослідження молодих вчених”

УДК 655.3.066.36

Артем Гірман

artemcaesar2020@gmail.com

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», Київ

**ЗАХИСТ ЦІННОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ  
МЕТОДОМ AR-ТЕХНОЛОГІЙ РУШІЯ UNITY**

Значна кількість друкованої продукції потребує захисту від підроблення. До типів захищеної продукції зараховують бланки цінних паперів та документи суворого обліку (ШПДСО), це можуть бути відомчі та галузеві бланки; державні папери, банкноти, документи на посвідчення особи, лотерейну, квиткову, етикеткову продукцію, пакування тощо. Проблема захисту документів суворого обліку пов'язана із зміною ролі інформації у суспільстві та багатьох галузях діяльності людини. Деякі галузі, наприклад, видавничо-поліграфічна галузь, покладаються на міжнародні ланцюжки поставок із доданою вартістю – відбувається обмін товарами та послугами для задоволення потреб населення та держави; вони потребують не лише матеріальні, а й інформаційні ресурси. Кількість інформаційних продуктів, з якими взаємодіє людина, постійно збільшується – це проявляється у збільшенні частки інформаційних послуг та продуктів у валовому внутрішньому продукті України та інших держав [1]. Водночас, сама інформація також має цінність як ресурс, що спонукає до регулювання доступу до неї.

Метою захисту друкованої продукції є мінімізація збитків держави, легальних виробників та кінцевих споживачів від взаємодії із фальшивою продукцією. Технологія захисту друкованої продукції полягає у нанесенні на папір або інший матеріал спеціальних елементів, які утворюють складний рисунок. Найпоширеніші елементи захисту – це гільйотні елементи, тангірні сітки та мікрографіка. Відтворення таких елементів потребує спеціального обладнання та фахових знань. Усі дані елементи мають характерну послідовність ліній, або патерн – це означає, що ці елементи можна сприймати як маркер для технології доповненої реальності (англ. augmented reality). Розпізнавання захисних елементів як образів досліджено у даній роботі за допомогою AR-технологій кросплатформного рушія Unity, призначеного для розробки ігор, додатків та відтворення 3D-сцен. Принцип розпізнавання образів працює так [2]:

1. Захоплення образу камерою чи іншим сенсором;
2. Видобування ключової інформації про властивості образів (розміри, колір, розподіл

тонів) за допомогою пропускання зображення через згорткові шари моделі машинного навчання;

3. Утворення карти властивостей образів (англ. feature map);

4. Зменшення розмірів карти властивостей образів через пулінговий шар моделі машинного навчання;

5. Класифікація зображення за певними категоріями через повністю підключений шар (англ. Fully connected layer).

Unity дає можливість підключати сторонні бібліотеки та плагіни для розпізнавання образів через AR-камеру, до якої прив'язаний маркер. Також рушій підтримує можливість підключення моделей машинного навчання [3]. Імпорт моделей машинного навчання до рушія Unity можливо здійснити через Vapacuda - кросплатформний рушій виведення нейронних мереж з відкритим вихідним кодом. Для розпізнавання образів через Vapacuda достатньо обробити деяку вибірку зображень для тренування (англ. training set) через згорткову модель (англ. convolutional model) та візуалізувати вихідний результат на екрані. Завантаження вибірки зображень виконується через спеціальний скрипт. За умови доопрацювання даних механізм уможливає розпізнавання захисних елементів для збереження автентичності документів. Розроблення та підтримка застосунку, який би зчитував ідентифікатор у вигляді захисних елементів на цінних друкованих зразках, є доречним та актуальним завданням для видавничо-поліграфічного виробництва захищеної продукції. Це дозволило б полегшити вирішення завдань державної безпеки в галузі банкового виробництва та виробництва друкованої продукції, що потребує захисту.

**Список літератури**

1. GDP: Definition, Examples and Economic Usage. Режим доступу: <https://smartasset.com/investing/gdp-definition> (дата звернення 24.11.2023). Назва з екрана.
2. What are convolutional neural networks? Режим доступу: <https://www.ibm.com/topics/convolutional-neural-networks> (дата звернення 24.11.2023). Назва з екрана.
3. Unity Режим доступу: <https://github.com/> (дата звернення 24.11.2023). Назва з екрана.

Науковий керівник: к.т.н., доц. Золотухіна К.І.