

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту
(повна назва)

Кафедра Інформатики
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ТА ВПЛИВУ МАРКЕТИНГУ НА РОЗВИТОК МЕДИЧНОЇ ГАЛУЗІ

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ІНФМ-20-1

Логвінова К.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Інформатика

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Машталір С. В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Кобилін О.А.

(прізвище, ініціали)

2021 р.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Актуальність дослідження, об'єкт та мета дослідження, постановка задачі дослідження, вихідні дані дослідження, етапи програмної реалізації вибраних методів, результати дослідження, перспективи подальших досліджень, апробація результатів дослідження.

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

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Консультант з дотримання діючих стандартів	Доцент Белова Н.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	22.10.2021	
2	Аналіз завдання, підбір літератури	23.10.21-25.10.21	
3	Аналіз літератури з досліджуваної проблеми	26.10.21-27.10.21	
4	Аналіз технічних засобів	27.10.21-29.10.21	
5	Розробка методу	30.10.21-3.11.21	
6	Програмна реалізація	3.11.21-10.11.21	
7	Оформлення пояснювальної записки	10.11.21-15.11.21	
8	Перевірка на плагіат	7.12.2021	
9	Рецензування	7.12.2021	
10	Підготовка презентації та доповіді	4.12.2021	
11	Занесення роботи в електронний архів	9.12.2021	
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи	9.12.2021	

Дата видачі завдання 22 жовтня 2021 р.

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

проф. Машталір С.В.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ/ABSTRACT

Пояснювальна записка містить 68 сторінок, 1 додаток, 46 джерел, 26 рисунків.

РОСПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ, МАСКА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ, ВИЯВЛЕННЯ ОБЛИЧ.

Об'єктом кваліфікаційної роботи є область застосування технологій додаткової реальності, зокрема, на основі масок зі Spark AR у медицині.

Дана робота представлена як систематизований аналіз перспективної технології та практична реалізація, яка здатна реалізуватися у міських клініках Харкова та країни.

Метою роботи є підвищення ефективності маркетингової компанії, завдяки створенню AR додатків (масок у соц мережах) для дітей та дорослих.

Ключовим результатом цього проекту є створення масок доповненої реальності для медичної клініки в соціальній мережі Instagram. AR маски для аналізу для маркетингових стратегічних клінік та освітнього аспекту для дітей.

FACE DETECTION, AR MASK, SPARK AR.

The object of the qualification work is the field of application of augmented reality technologies, in particular, based on Spark AR masks in medicine.

This work is presented as a systematic analysis of promising technology and practical implementation, which can be implemented in urban clinics in Kharkiv and the country.

The aim of the work is to increase the efficiency of the marketing company by creating AR applications (masks in social networks) for children and adults.

The key result of this project is the creation of augmented reality masks for the medical clinic on the social network Instagram. AR masks for analysis for marketing strategic clinics and educational aspects for children.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1. Аналіз предметної області.....	9
1.1. Історія виникнення та розвитку технології Augmented Reality (AR).....	9
1.2. Основні характеристики та класифікація технологій	11
1.2.1. Визначення AR.....	12
1.2.2. Визначення VR.....	13
1.3. Тенденції та прогнози зростання та розвитку ринку доповненої реальності.....	13
1.4. Постановка задачі дослідження.....	16
2. Математичні моделі та дослідження алгоритмів.....	18
2.1. Методи ідентифікації обличчя	
2.1.1. Бібліотека Open CV.....	23
2.1.2. Теоретичні данні модулю SeetFace.....	25
2.1.3. Теоретичні данні методу YouTu.....	32
2.2. Методи розпізнавання обличчя.....	33
2.2.1. Теоретичні данні методу Holistic Matching.....	35
2.2.2. Теоретичні данні методу Feature-based (structural).....	36
2.2.3. Теоретичні данні гібридних методів	37
3. Програмна реалізація та тестування.....	39
3.1. Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації.....	39
3.1.1. Можливості та особливості програми Spark AR.....	39
3.1.2. Можливості та особливості програми Figma.....	40
3.1.3. Можливості та особливості програми Spark Hub.....	45
3.2. Програмна реалізація.....	47
3.2.1. Дизайн масок з використанням Figma.....	47
3.2.2. Розробка AR маски в Spark AR.....	49

3.2.3. Підготовка та завантаження в Spark AR Hub.....	52
3.3. Порівняння створених масок	55
Висновки.....	57
Перелік джерел посилання.....	58
Додаток А. Рисунки.....	63

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

2D – 2 dimensional

3D – 3 dimensional

AR – Augmented Reality

AMD – американський виробник інтегральної мікросхемної електроніки

HIS – Hospital Information System

MARTA – Mobile Augmented Reality Technical Assistance

MR – Mixed Reality

PSO – Public Service Obligation

ROC – Receiver Operating Characteristic

VR – Virtual Reality

YCbCr – сімейство колірних просторів, які використовуються для передачі кольорових зображень у компонентному відео та цифровій фотографії.

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач

ВСТУП

VR/AR є сектором, який швидко розвивається. Нині він використовується не тільки в індустрії розваг, але й у все нових і нових операційних застосуваннях, у тому числі в освіті, маркетингу і медицині.

Застосування AR показує, що його можна використовувати як для маркетинг процесів клініки так і освітньо–розважальний аспект для дітей.

Ключовим елементом цього проекту є розробка маски доповненої реальності рандомайзера для інстаграм медичної клініки.

Ціль кваліфікаційної роботи – застосування AR масок для використання їх для маркетингової стратегії клініки та освітньо–розважального аспекту для дітей.

Об’єктом дипломної роботи є область застосування технологій додаткової реальності, зокрема, на основі масок зі Spark AR у медицині.

Практична значимість дипломної роботи представлена у вигляді розробленої AR маски.

Структура дипломної роботи відповідає цілі та завданням дослідження і складається з введення, чотирьох глав, висновку, списку джерел та додатків.

Актуальність дослідження полягає у впливі стрімкого розвитку таких напрямів, як віртуальна та доповнена реальність на медичну галузь та маркетинговий аспект. Також, обумовлено необхідністю практичної реалізації, яка вплине на відношення дітей до лікарів та медицини.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Історія виникнення та розвитку технології Augmented Reality (AR)

Першу ідею про доповнену реальність ненавмисно ввів Л. Франк Баум у 1901 році. У романі «Головний ключ» він описує спеціальні окуляри. Людина, яка їх носить, бачить кожного з буквою на лобі, що вказує на його або її характер. Добрий носить букву «G», злий – букву «E», дурний – букву «F» тощо. Таким чином, можна визначити справжню натуру людей за одним поглядом.

Це використання прийнято вважати першою ідеєю доповненої реальності. Sensorama була машиною, розробленою Муртоном Хейлігом у 1957 році, яка була найпершим прикладом технології мультисенсорного занурення, захищена авторським правом у 1962 році. Пристрій Sensorama включав стереоскопічний кольоровий дисплей, вентилятори, випромінювачі запаху, стереозвукову систему та рухоме крісло. Ці функції орієнтовані на різні почуття користувачів. Можна сказати, що це виглядало як ігровий автомат в ігрових аркадних кімнатах. І це був дуже важливий розвиток з точки зору літератури доповненої реальності того [1].

Після розробки машини сенсoram, ще одна важлива розробка була здійснена Іваном Сазерлендом, який був професором електротехніки в Гарвардському університеті та його студентом Бобом Спроулом в 1966. Вони розробили перший дисплей, який встановлюється на голову, його технологічно розроблені версії все ще використовуються в середовищах віртуальної та доповненої реальності.

Цей пристрій отримав назву «Меч Демокла». Звичайно, його процесорні та графічні можливості були обмежені через технологічні розробки того часу. Хоча він мав обмеження, можна сказати, що ці пристрої вважаються народженням сучасних додатків доповненої реальності. Вперше термін

доповнена реальність використали двоє дослідників BoeingCompany. Вони розробили дисплей, встановлений на голові, щоб полегшити процес складання кабелю, який є дуже складним процесом і схильний до помилок на етапі виробництва площини, миттєво вказуючи на правильний процес складання кабелю.

Пристрій, розроблений Томасом Коделлом і Девідом Мізеллом, заощадив час і гроші для компанії. Фейнер, МакІнтайр, Холлерер і Вебстер (1997) розробили туристичну машину для свого університетського містечка, яка поєднує в собі накладену 3D-графіку доповненої реальності з незв'язаною свободою мобільних обчислень. Вони використовували 3D-дисплей і ручний 2D-дисплей з трекпадом для представлення різноманітної інформації про кампус.

Справжній розквіт «віртуальної реальності» (VR) припав лише на 1990-ті роки [2]. Тоді ж почав застосовуватися термін доповнена реальність (AR). У той час як VR означає, що перед очима користувача відображається повністю штучне середовище, в якому людина може вільно дивитися навколо (і навіть рухатися), AR заснована на середовищі, створеному на основі фактичного зображення, створеного елементами. і він широко поширений, включаючи нові елементи (показує додаткову інформацію за межами реального світу) [3].

Оскільки термін AR був введений Томом Коделлом та Девідом Мізеллом у компанії Boeing, оскільки обидва створили першу систему, яка використовується для навчання пілотів [4]. Наступним кроком його застосування було в галузі медицини. Згодом розвиток віртуальної та доповненої реальності стимулювала індустрія розваг, зокрема комп'ютерні ігри. Сьогодні найпопулярнішими додатками доповненої реальності є такі ігри, як Pokémon Go або деякі з нових утиліт Google Maps.

Першою справжньою мобільною програмою доповненої реальності була гра ARQuake, розроблена Брюсом Томасом у 2000 році (Томас, Клоуз, Донохью, Сквайрс, De Bondi and Piekarski, 2002). Ця гра є модифікованою версією гри Quake, яка була різновидом жанру First-PersonShooter і вперше випущена в 1996

році. Гра ARQuake була адаптована до середовища доповненої реальності (Piekariski & Thomas, 2002). Отже, гра ARQuake була першою відео грою з доповненою реальністю. У 2012 році Google представив Project Glass, який є різновидом розумних окулярів, дисплея з оптичною головкою, оформленого у формі пари окулярів. Скло проекту було ідеальним середовищем для програм-застосунків доповненої реальності.

У Project Glass було багато функцій, таких як керування голосом, керування рухами очей, відео зйомка, фотозйомка, контроль погоди, обмін повідомленнями, покупка квитків тощо. Volkswagen, німецька багатонаціональна компанія з виробництва автомобілів, розробила MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance) у 2013 році для допомагати працівникам у виробництві автомобіля, який має багато апаратних і програмних компонентів.

1.2. Основні характеристики та класифікація технологій

Класифікувати технології доповненої реальності можна декількома способами.

За типом подання інформації:

- візуальні – інформація передається у вигляді зображення;
- аудіо – інформація передається у вигляді звуку;
- аудіовізуальні – суміш перших двох типів.

За способом отримання інформації про навколишню дійсність:

- геопозиційному – для отримання відомостей використовуються сигнали систем позиціонування GPS, Glonass; компаси та акселерометри для визначення кута повороту;

- оптичні – зчитують інформацію з допомогою камери.

За ступенем мобільності:

- стаціонарні – такі системи не можна переміщати, оскільки вони перестануть функціонувати;
- мобільні – системи цього типу можна легко переміщати в просторі.

За способом взаємодії з користувачем:

- автономні – надають користувачеві додаткову інформацію без подальшого відгуку на його дії;
- інтерактивні – здатні відповідати на дії користувача і активно з ним взаємодіяти.

1.2.1. Визначення AR

Доповнена реальність (англ. Augmented reality, AR – «розширена реальність») – технології, які доповнюють реальний світ, накладаючи інформацію у вигляді віртуальних об'єктів в режимі реального часу з метою поліпшення сприйняття інформації і отримання додаткових відомостей. Вперше термін «Доповнена реальність» ввело дослідник компанії Boeing Томас Коделл в 1990 році, коли розробляв нашоломну систему цілевказівки та індикації польоту.

Для запобігання плутанини в термінах слід прояснити різницю між «Віртуальною реальністю» або англ. Virtual Reality (VR) і доповнене реальністю. У чому між ними різниця? У той час як VR повністю занурює вас в новий цифровий, штучний світ, блокуйте всі аудіовізуальну інформацію реального світу, AR лише додає цифрові об'єкти в реальність.

1.2.2 Визначення VR

Virtual Reality (VR) Цим терміном називають повністю віртуальну реальність, створену комп'ютером і відтворює абсолютно відмінне від реального оточення.

Людина занурюється в неї за допомогою спеціальних пристроїв (найчастіше VR-шоломів) і не може бачити те, що відбувається в реальному світі. Завдяки цьому створюється ефект присутності в зовсім іншому місці.

Простий приклад – VR-гри. Користувач надягає шолом і потрапляє в інше, віртуальний простір, з яким і взаємодіє.

1.3. Тенденції та прогнози зростання та розвитку ринку доповненої реальності

Розмір глобального ринку доповненої реальності оцінювався в 17,67 мільярдів доларів США в 2020 році. Очікується, що з 2021 по 2028 рік він буде зростати зі зведеними річними темпами зростання (CAGR) на рівні 43,8%. Очікується, що управління робочим процесом та оптимізація стимулюватимуть зростання ринку. Підприємства використовують програми на основі доповненої реальності (AR) для відстеження, виявлення та вирішення технічних проблем, а також для виконання завдань, таких як переобладнання, складання, виготовлення та ремонт виробничих ліній. Зростаюча перевага серед людей до смартфонів, розумних окулярів та інших портативних і носимих пристроїв спонукає до впровадження мобільної технології AR, щоб забезпечити захоплюючий досвід. Тому компанії особливо вивчають потенціал технології AR, щоб запропонувати

клієнтам індивідуальний та інтерактивний досвід. Наприклад, у червні 2018 року бренд Monki від Hennes & Mauritz AB застосував технологію AR, щоб запропонувати своїм клієнтам 3D-досвід за допомогою смартфонів, презентуючи одяг на онлайн-платформі видно на графіку (рис. 1.1) [12]

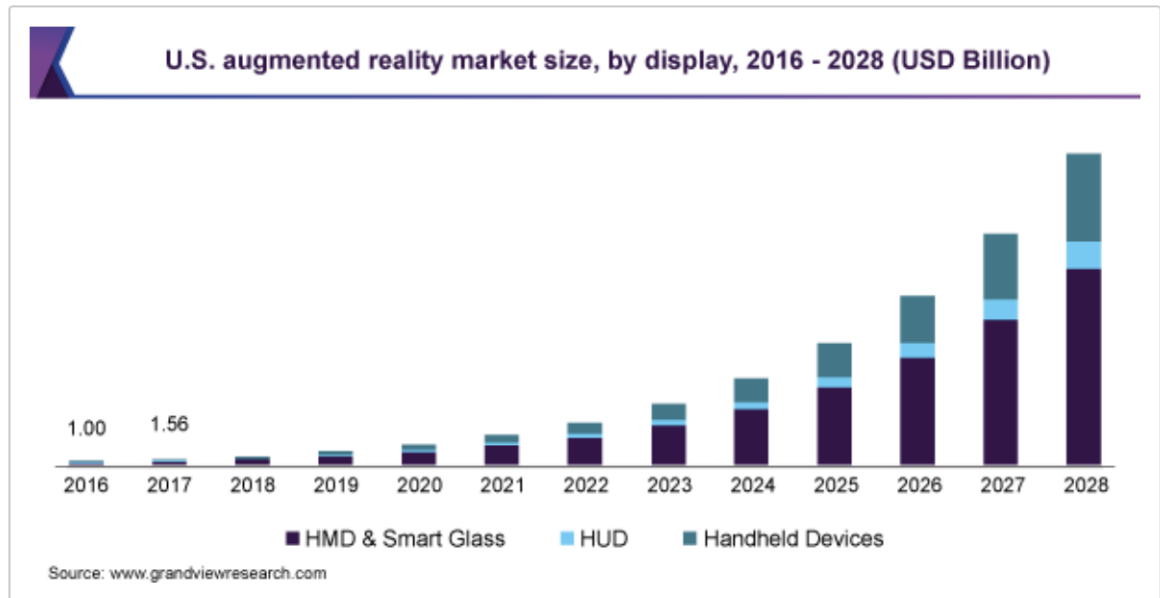


Рисунок 1.1 – Графік зростання ринку доповненої реальності

Очікується, що зростаюче впровадження AR в програмах охорони здоров'я буде стимулювати зростання ринку. Кілька постачальників рішень на основі AR співпрацюють з організаціями охорони здоров'я, щоб надати медичні програми на основі AR для різних цілей.

Наприклад, у листопаді 2018 року FundamentalVR уклав стратегічний альянс з Mayo Clinic для спільної розробки хірургічного моделювання віртуальної реальності. Фундаментальна хірургія, платформа від FundamentalVR, що поєднує віртуальну реальність з тактильними властивостями для забезпечення доступного хірургічного симулятора, вже реалізована в

головних кампусах клініки Mayo в американських штатах Міннесота, Флорида та Арізона.

Впровадження технології AR також набирає обертів у сферах маркетингу та реклами, особливо після спалаху пандемії COVID-19, оскільки віртуальні події на основі AR, такі як запуск цифрових продуктів і магазинів, віртуальні виставки та виставки, а також онлайн рекламні ролики стають новою нормою. Наприклад, у липні 2020 року компанія Blippar.Com Ltd. здійснила перший у світі запуск продукту з використанням технології AR та надала високо інтерактивний цифровий досвід під час запуску OnePlus Nord.

Зростаюча перевага використання доповненої реальності в будівництві та архітектурі говорить про розвиток галузі. Технологію AR можна використовувати для підготовки 3D-моделі плану за допомогою мобільних пристроїв, щоб допомогти архітекторам подолати розрив між уявою та реальністю. Аналогічно, в індустрії освіти AR можна використовувати для надання студентам більш детальних, захоплюючих і реальних знань.

Потенційна доповнена реальність допомагає студентам краще розуміти освітні концепції з використанням 2D/3D моделювання, навчання на основі відкриттів, книг AR, ігор AR та розвитку навичок на основі AR також є хорошим пророком для зростання ринку. Технологія AR також може потенційно змінити навігацію в приміщенні. Наприклад, компанія з розробки програмного забезпечення MobiDev вже продемонструвала навігацію всередині приміщень за допомогою своєї платформи ARcore, побудувавши оптимальний маршрут до бажаного місця призначення і продемонструвавши його на мобільному пристрої.

Коли справа доходить до навігації на відкритому повітрі, технологія AR може допомогти туристам у пошуку відповідного житла та вибору місць і місць для відвідування за допомогою віртуальних турів на основі AR. Наприклад, Hubs Hotels by Premier Inn перетворив свої номери на карту міста, щоб допомогти клієнтам дізнатися про туристичні пам'ятки поблизу готелю та інші корисні

деталі. Очікується, що зростання поширення технології AR в індустрії подорожей та туризму сприятиме зростанню ринку доповненої реальності.

Постійний прогрес у технологіях AR та зростаюче впровадження цієї технології в споживчих програмах викликають потребу в сумісних чіпсетах AR. Такі компанії, як Qualcomm, AMD і Intel, реагують на ситуацію і випускають найсучасніші чіпсети з підтримкою AR. Наприклад, у травні 2018 року Qualcomm випустила чіпсет Snapdragon XR1, який призначений для платформи розширеної реальності. У грудні 2019 року компанія представила свій чіпсет Snapdragon XR2 з підтримкою 5G для обладнання AR і VR. Аналогічно, у липні 2019 року компанія MediaTek Inc., фірмовий виробник мікросхем, що базується на Тайвані, випустила чіпсет MTK i700 для додатків AR, який зосереджений на штучному інтелекті (AI) та Інтернеті речей (IoT).

1.4. Постановка задачі дослідження

Таким чином, розроблення маски для медичного центру є актуальним завданням для практичного аспекту маркетингу з використанням доповненої реальності.

Метою даного кваліфікаційного проекту є розробка AR маски для медичного центру, яка буде впливати на сприйняття дитиною лікарів.

Для виконання цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідження актуальності доповненої реальності;
- описати практику використання технології додаткової реальності у медичній сфері на прикладі маркетингової стратегії для педіатричного центру;
- реалізувати маску-рандомайзер для медичного центру.

Теоретична основа кваліфікаційної роботи складена з використанням наукової та дослідницької літератури про сучасні інформаційні технології,

публіцистичні та інтернет-ресурси. Список літератури представлений в дипломній роботі.

Практична значимість кваліфікаційної роботи представлена у вигляді розробленої AR маски.

Структура кваліфікаційної роботи відповідає цілі та завданням дослідження і складається з вступу, трьох глав, висновку, списку джерел та додатків.

Актуальність дослідження полягає у впливі стрімкого розвитку таких напрямів, як віртуальна та доповнена реальність на медичну галузь та маркетинговий аспект. Також, обумовлено необхідністю практичної реалізації, яка вплине на відношення дітей до лікарів та медицини.

2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ

2.1. Методи ідентифікація обличчя

З постійним удосконаленням науки і техніки розпізнавання обличчя застосовуються усе у більшій кількості галузей, таких як перевірка особи, сканування обличчя, система моніторингу банкоматів самообслуговування, розблокування особи.

Усім потрібно пройти технологію виявлення та розпізнавання обличчя. У перспективі поступової диверсифікації технологій розпізнавання обличчя стали технологією, тісно пов'язаною з нашим життям. Технологія виявлення та розпізнавання обличчя не тільки полегшує та пришвидшує життя, але й додає нотку технологічного задоволення. Завдяки ряду операцій, таких як розблокування телефону, оплата за обличчя та інтелектуальна ідентифікація, використання високотехнологічних технологій для забезпечення безпеки нашого майна та особистості та реалізації поєднання технології та життя, це життєво важлива частина нашого життя. Датчики можна комбінувати з багатьма технологіями для формування розумних датчиків. Технологія вимірювання зору була розроблена в новий тип технології промислового тестування, і сфера її застосування також розширюється. Раннє вимірювання зору буде обмежене програмними та апаратними ресурсами датчиків зображення та систем обробки зображень, воно є дорогим, має низькі показники продуктивності та має відносно високі показники відмов. Ефективність обробки не висока.

Дослідження виявлення обличчя має важливе дослідницьке значення через мінливість виразу обличчя, кольору шкіри та освітленості. Йонг і Янру [1] вивчили розпізнавання обличчя на основі особливостей кольору шкіри і виявили, що різниця в кольорі шкіри очевидна при різних рівнях освітлення.

Щоб вирішити цю проблему, він використовує YCbCr і HIS двоколірне освітлення простору шкіри як технічну основу. Модель кольору шкіри використовується для розрізнення області кольору шкіри, що може ефективно зменшити вплив догляду на колір шкіри, що є більш зручним для визначення обличчя та позиціонування за допомогою класифікатора SNoW. Результати порівняльного експерименту показують, що метод має високу надійність під час експерименту, швидкість виявлення експерименту швидка, а також відмінні результати виявлення обличчя та позиціонування. Guangsheng і Huarong [2] поєднали технологію глибокого навчання з технологією згорткової нейронної мережі, щоб контролювати виникнення аномальних подій у системі моніторингу, щоб отримати характеристики зображення та використовувати циркулюючу нейронну систему для ефективної обробки даних. послідовності та отримати положення та розмір вікна виявлення, створюючи життєздатну систему моніторингу, яка забезпечує попередження про аномалії в режимі реального часу.

Результати експерименту показують, що система має високу продуктивність розпізнавання обличчя. Лухонг та ін. [3] використовував метод шаблону обличчя для ефективного визначення місцезнаходження краю обличчя, щоб прорватися через розпізнавання обличчя, яке може ідентифікувати прив'язку лише за умови відсутності фону та пропускати два очі та різні співвідношення сторін. Шаблон обличчя в футлярі використовується для виявлення обличчя, і, нарешті, успішність виявлення обличчя в експерименті становить понад 90%, що дає ефективне рішення для виявлення обличчя в єдиному позитивному та позитивному середовищі.

Yuangen та ін. [4] повідомили, що для вирішення проблеми складності виявлення, викликані складністю обличчя, бічної грані, поворотом, виразом, оклюзією тощо, пропонується нова вдосконалена версія алгоритму AdaBoost для досягнення всебічної попередньої обробки кольору шкіри. Функція обробки та використання геометричних елементів для фільтрації, а також надзвичайно

надійна природа алгоритму Хаара також витягує складні сцени. Згідно з експериментами, метод має чудову швидкість виявлення та широту для бічної грані та повороту.

Він має хороший ефект реалізації на вбудованій платформі. Сувен і Інвей [5] повідомили, що для вирішення традиційної згорткової нейронної мережі для виявлення обличчя (швидкість і вага виявлення занадто випадкові через надмірну кількість ковзних вікон, а час навчання занадто довгий через випадкову ініціалізацію) і проблему повільної конвергенції мережі, вони вирішили використовувати новий метод згорткової нейронної мережі, заснований на вікні багат шарової стратегії групування, щоб поєднати вибіркового пошуку та оптимізацію Габора для вилучення ознак і визначення узагальнення структури мережі. У перевагах покращеної та точності виявлення обличчя та швидкості експериментів. Chengji та ін. [6] розробили вплив експериментальних відмінностей, викликаних складністю обличчя в реальній сцені і впевненістю фонового кадру, а також різницю в точності методу комбінації ознак у дикій природі.

Метод багат шарового з'єднання елементів ефективно покращує точність виявлення між сусідніми гранями. Шепінг та ін. [7] запропонував метод LBP для посилення впливу виявлення обличчя та зменшення перетворення нелінійних даних у лінійну структуру [8]. Вилучений вектор ознак і алгоритм SVM використовуються для обробки класифікації. Експерименти виявили, що цей метод може ефективно уникнути складних ефектів освітлення, викликаних нерівномірним освітленням, і дуже ефективний для експериментів з виявлення та розпізнавання облич.

Йонг [9] досліджує ефект розпізнавання обличчя в умовах неконтрольованого освітлення на основі впливу різних ефектів освітлення. Алгоритм MSR може безпосередньо витягувати інваріанти освітлення об'єктів, а алгоритми GF та INPS можуть опосередковано витягувати освітлення. Переверено характеристики алгоритму інваріантів. З точки зору злиття рівня

ознак і злиття на рівні рішення класифікатора, лінійний дискримінантний аналіз стійкості освітлення використовується для розробки методу подолання смуг інваріантного освітлення під час розпізнавання обличчя. У складності впливу, за даними Ченкая та ін. [10], на основі застосування технології розпізнавання обличчя, від історії традиційних алгоритмів розпізнавання облич до дослідження розпізнавання обличчя за методом глибокого навчання, проаналізовано застосування глибокого навчання та алгоритму DCNN. Нарешті, обговорюються перспективи майбутнього розвитку технології розпізнавання обличчя, повністю обговорюється технологія розпізнавання обличчя.

За даними Qianyu et al. [11], під впливом середовища того часу, глибоке навчання має певний ступінь успіху в розпізнаванні руху та виявлення цілей. Дослідження впливу розпізнавання обличчя на зміни освітлення та зміни ставлення є невідкладним, тому я намагаюся запропонувати свого роду новий ефективний метод розпізнавання обличчя, який, як очікується, побудує глибоку мережу на основі глибокого навчання та використовує базу даних обличчя для попередньої обробки обчислювальної складності, щоб нова глибока мережа могла ефективно виконувати застосування вилучених ознак [12]. Для оцінки категорії обличчя використовується регресійна модель Softmax, і експериментальні результати чудові.

Достовірність методу перевірена. За даними Zhouyu et al. [13], щоб покращити оптимізацію моделі розпізнавання та прискорити виділення ознак зображень обличчя, запроваджено алгоритм оптимізації роя частинок на основі традиційної технології PCA для оптимізації моделі SVM та функціональної моделі.

Зменшуючи час навчання та розпізнавання SVM, риси обличчя можна ефективно витягувати, щоб класифікатор міг ідентифікувати дані тесту [14]. Остаточні експериментальні результати показують, що оптимізована PSO модель SVM має кращу продуктивність, кращу здатність до узагальнення, більш

високу точність значення параметрів і розпізнавання, а також відмінний вплив на підвищення ефективності розпізнавання обличчя і покращення розпізнавання.

Feng та ін. [15] провели більш глибоке дослідження розпізнавання обличчя в області теорії стисненого розпізнавання та дослідили проблему розв'язання задачі оптимізації норми в алгоритмі класифікації на основі розрідженого представлення. Алгоритм представлення зображень інформації першого та другого порядку показує, що запропонований алгоритм значно кращий у швидкості розпізнавання низької розмірності, а алгоритм покращує точність класифікації та зменшує різницю в розпізнаванні обличчя.

Mengxi та ін. [16] запропонував різновид нелінійної деформації, викликаній зміною освітлення, постави, виразу, віку тощо при розпізнаванні обличчя, використовуючи популярне навчання та алгоритм розпізнавання обличчя Лапласа, заснований на двовимірному аналізі головних компонентів ядра [17]. Функція відображає алгоритм розпізнавання обличчя. Експеримент порівнює інші алгоритми, які мають переваги високої швидкості розпізнавання та низької обчислювальної складності. Huixian та ін. [18] покращили продуктивність розпізнавання, викликану проблемою розпізнавання обличчя з одним зразком, дослідили виділення інваріантних ознак і точно та швидко покращили локальну текстуру зображення, використовуючи локальний двійковий шаблон. Інформація про ступінь використовує інформацію про градієнт для покращення виділення ознак і ефективно поєднує два методи вилучення ознак для досягнення можливості покращення розпізнавання рис обличчя. Експерименти показують, що алгоритм BGCSBP має високу швидкість розпізнавання, ефективно скорочує час розпізнавання та має хорошу застосовність.

У статті спочатку досліджується алгоритм виявлення та розпізнавання обличчя [19]. Технологія розпізнавання обличчя аналізується методом OpenCV. Потім досліджується технологія розпізнавання обличчя за методом Seetaface та методом YouTu [20, 21]. Нарешті, експеримент даних використовується для

аналізу трьох аспектів обличчя, оклюзії обличчя та обличчя з перебільшеним виразом [23]. Ефект виявлення та розпізнавання обличчя за різних умов порівнюється з точністю виявлення та розпізнавання обличчя у різних ситуаціях за трьома методами [24].

Виявлено, що в частині виявлення обличчя спостерігається перебільшене виявлення виразу. Використовуючи метод Seetaface, модуль виявлення бічного обличчя та модуль виявлення оклюзії використовують метод YouTu; у частині розпізнавання обличчя модуль розпізнавання обличчя використовує метод YouTu, щоб максимізувати швидкість виявлення та розпізнавання та зменшити частоту помилкового виявлення [25].

2.1.1. Бібліотека Open CV

Для виконання функції розпізнавання обличчя спочатку виконується розпізнавання обличчя, щоб визначити положення обличчя на зображенні. Метод OpenCV є поширеним методом розпізнавання обличчя. Спочатку він витягує зображення функцій у великий вибіркового набір, витягуючи ознаки Хаара на зображенні, а потім використовує алгоритм AdaBoost як детектор обличчя. Під час виявлення обличчя алгоритм може ефективно адаптуватися до складних умов, таких як недостатнє освітлення та розмиття фону, що значно підвищує точність виявлення. Для набору навчальних наборів отримують різні навчальні набори для подальшої роботи шляхом зміни ймовірностей розподілу кожної із вибірок, і кожна навчальна множина тренується для отримання слабкого класифікатора, а потім ці кілька класифікаторів зважуються.

Наприклад, кожна вибірка розподіляється з навчальним класом, а новий навчальний набір отримується шляхом зміни ймовірності розподілу відповідно до правильності класифікації навчального набору. Чим вищий рівень точності класифікації, тим нижча ймовірність розподілу. Новий навчальний набір

навчається отримати класифікатор, і він повторюється, і отримують кілька класифікаторів, так що вага кожного класифікатора збільшується на точність класифікації.

На рисунку 2.1 [12] показана структура моделі розпізнавання обличчя. Вилучення прямокутних ознак Хаара та потужний класифікатор на основі AdaBoost є важливою частиною розпізнавання обличчя. Об'єкт Хаара складається з кількох однакових прямокутників, які розрізняються чорною та білою різницею кольорів, а значення ознак об'єктів Хаара визначаються значеннями пікселів прямокутника.

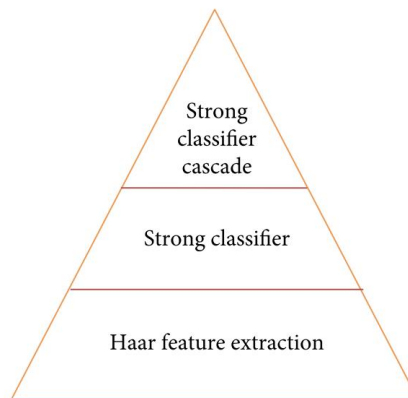


Рисунок 2.1 – Структура моделі виявлення обличчя людини. (взято з іноземного ресурсу)

Щодо кількості прямокутних об'єктів, запропонував формулу:

$$\Omega_{[\omega,h]}^m = \left(\left[\frac{m}{\omega} \right] + \left[\frac{m-1}{\omega} \right] + \dots + \left[\frac{\omega-1}{\omega} \right] + 1 \right) \times \left(\left[\frac{m}{h} \right] + \left[\frac{m-1}{h} \right] + \dots + \left[\frac{\omega-1}{h} \right] + 1 \right) \quad (2.1)$$

де ω і h представляють ширину і висоту прямокутних об'єктів відповідно. З наведеної вище формули видно, що кількість функцій величезна, і метод OpenCV вирішує цю проблему, вводячи метод інтегрального зображення. Тоді значення будь-якого пікселя визначається як

$$g(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} f(x', y'). \quad (2.2)$$

Розраховується за такою формулою,

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + f(x, y), \quad (2.3)$$

$$g(x, y) = g(x - 1, y) + s(x, y), \quad (2.4)$$

де $s(x, y)$ кумулятивне значення для кожного рядка, початкове

$s(x - 1) = 0$ значення і $g(x, y)$, де $g(-1, y) = 0$ початкове значення .

2.1.2. Теоретичні данні модулю SeetFace

Seetface — це нова згортка нейронна мережева структура. Модуль виявлення обличчя Розпізнавання обличчя Seetaface (рис.) 2.3 [12], модуль визначення місця розташування ознак Seetaface, а також модуль виділення та порівняння ознак Розпізнавання Seetaface в основному використовуються для виявлення та розпізнавання обличчя. По-перше, лицьова частина зображення сегментується, щоб видалити частину фону.

Характерні точки обличчя розпізнаються та витягуються, щоб отримати карту ознак, яка виражається в алгебраїчній формі та порівнюється з кореляцією, щоб визначити, чи це та сама людина. Вилучення ознак показано на рисунку 2.2 [12]

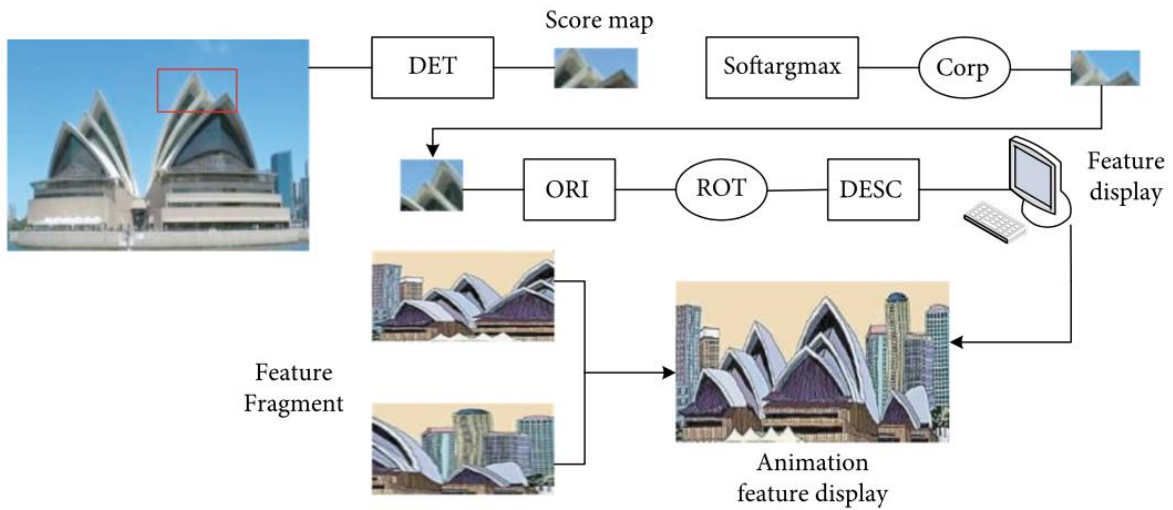


Рисунок 2.2 – Вилучення ознак

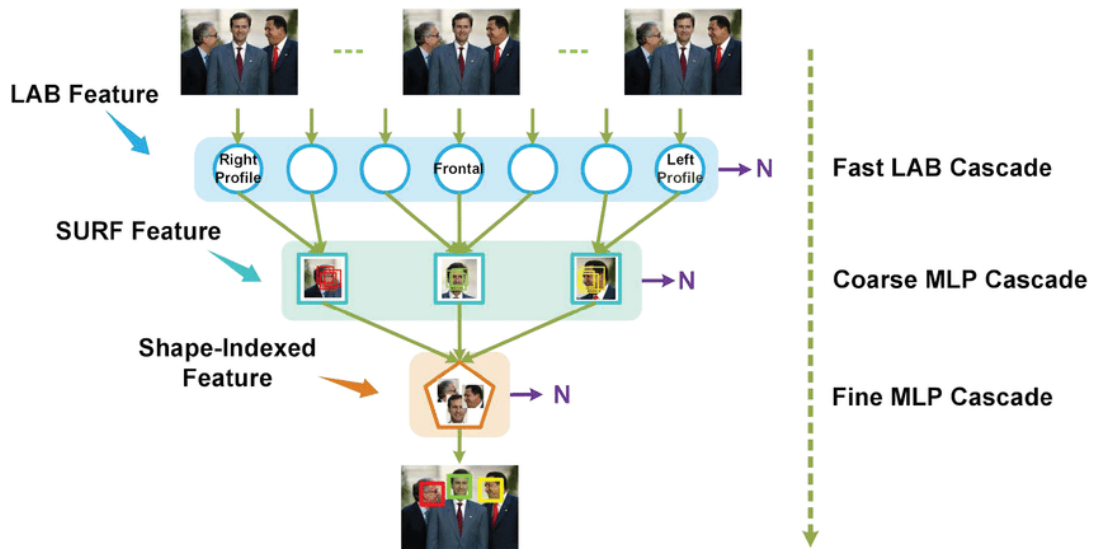


Рисунок 2.3 – Структура методу Seetaface

Крива ROC зображена на рисунку 2.4 [12] для виявлення Seetaface в базі даних FDDB.

Розпізнавання обличчя - це вершина каскадної структури FuSt, що складається з кількох швидких каскадних класифікаторів LAB. Ці швидкі каскадні класифікатори LAB в основному призначені для зображень обличчя різних поз, що з'являються під час виявлення обличчя, і модулів. Середня

частина складається з множини багатосферних персе тронів, заснованих на функціях SURF, і та сама структура багатосферної машини сприйняття в кінці модуля відповідає за обробку зображень жестів різних обличчя.

Серед них особливістю функції виявлення обличчя Seetaface є те, що верхній стан воронки широкий і вузький. Цей рівень класифікатора змушує прийняті ознаки поступово змінюватися зверху вниз, щоб гарантувати, що фонові області видаляються в найбільшій мірі і зберігається лише область обличчя. Ефективний вибір кроку робить наступний крок більш ефективним. Комп'ютерне розпізнавання обличчя показано на рисунку 2.5 [12].

У модулі розташування функціональних точок структура CFAN каскадної багатоступінчастої мережі само кодування стекового типу використовується для визначення місцезнаходження характерних точок зображення, виявлених обличчям Seetaface. Конкретні кроки показані на рисунку 2.6 [14]. В основному він використовує класичний п'ятиточковий метод позиціонування, тобто п'ять точок від очей, носа та рота, що забезпечує точність розпізнавання обличчя найбільшою мірою. При обробці мережі самокодування першого етапу для швидкої оцінки використовується область обличчя з низькою роздільною здатністю, а форма обличчя позиціонується як s_0 .

Оскільки роздільна здатність зображення на цьому етапі занадто низька, форма обличчя має грубий контур. Наступним кроком є збільшення роздільної здатності, щоб чіткість виявлених зображень постійно покращувалася. Після кожного кроку самокодування мережа обробляється крок за кроком, і риси обличчя постійно оптимізуються все ретельніше (рис. 2.7- 2.9) [12]

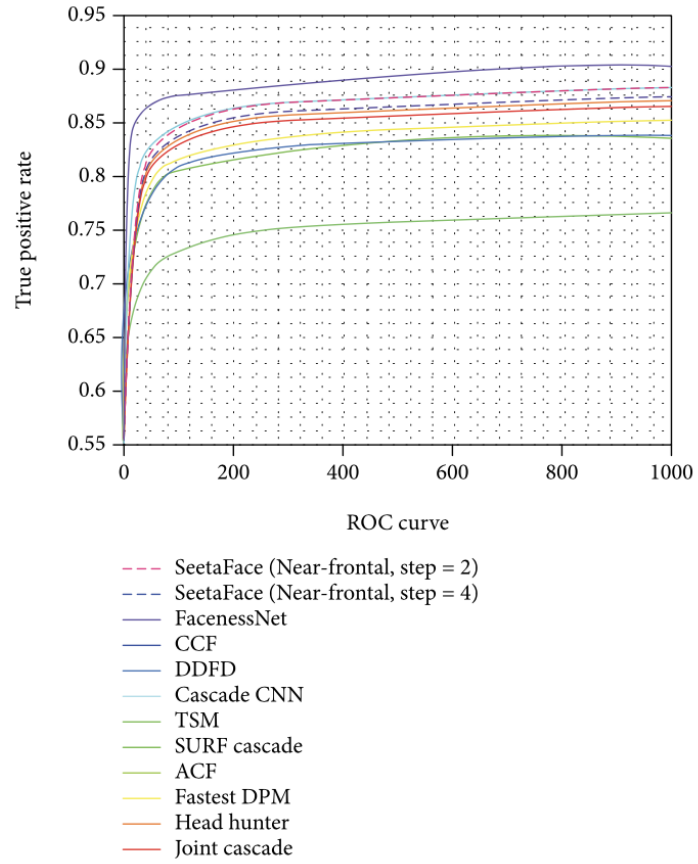


Рисунок 2.4 – ROC крива

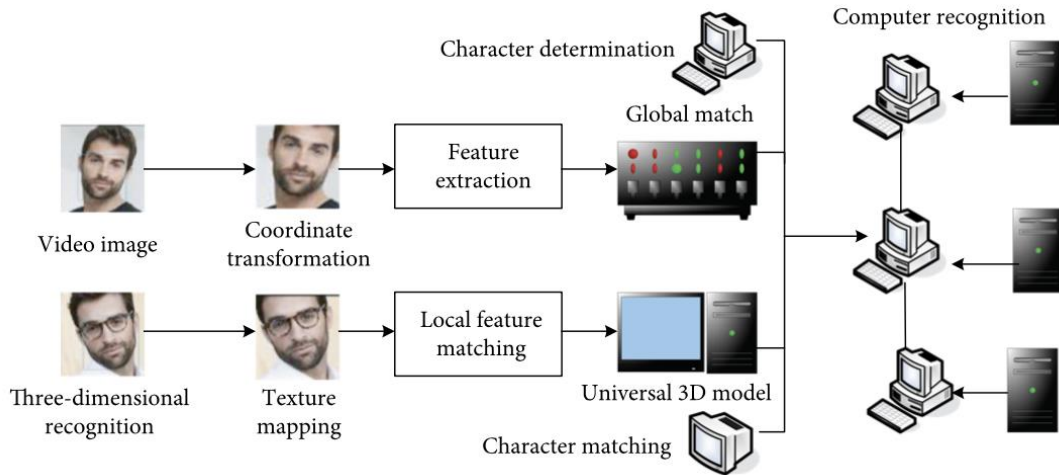


Рисунок 2.5 – Комп'ютерне розпізнавання обличчя

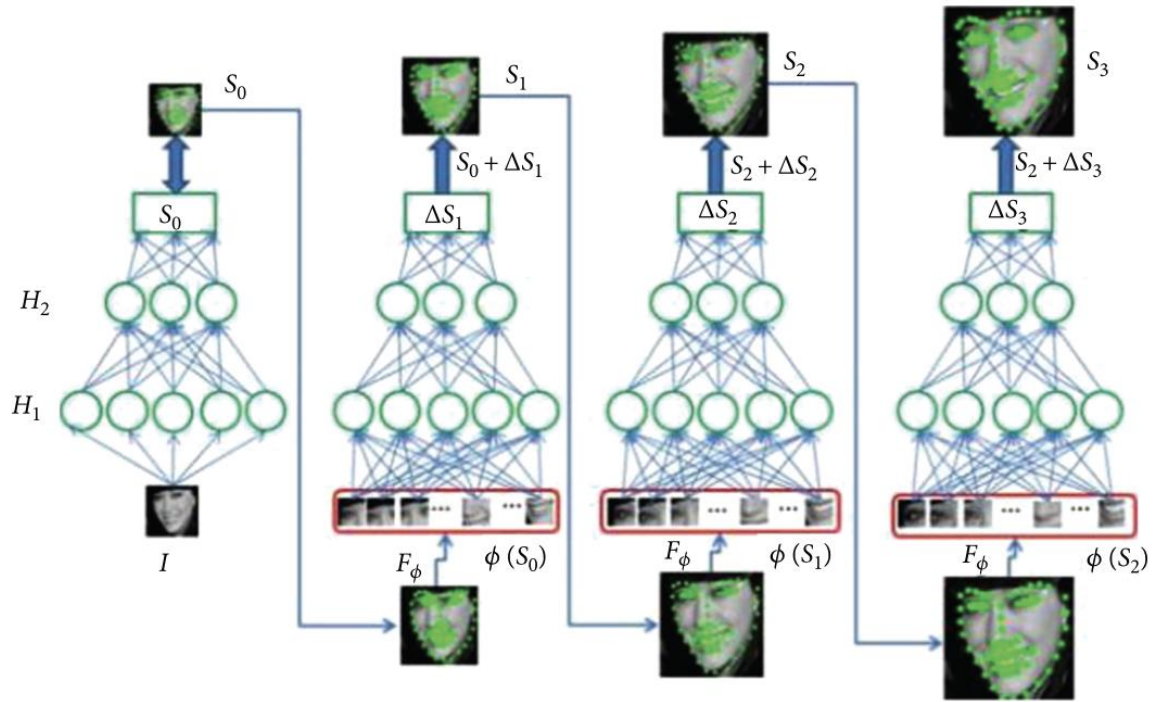


Рисунок 2.6 – Багаторівнева стекова мережа самокодерів



Рисунок 2.7 – П'ятипозиційна таблиця аналізу позиціонування.

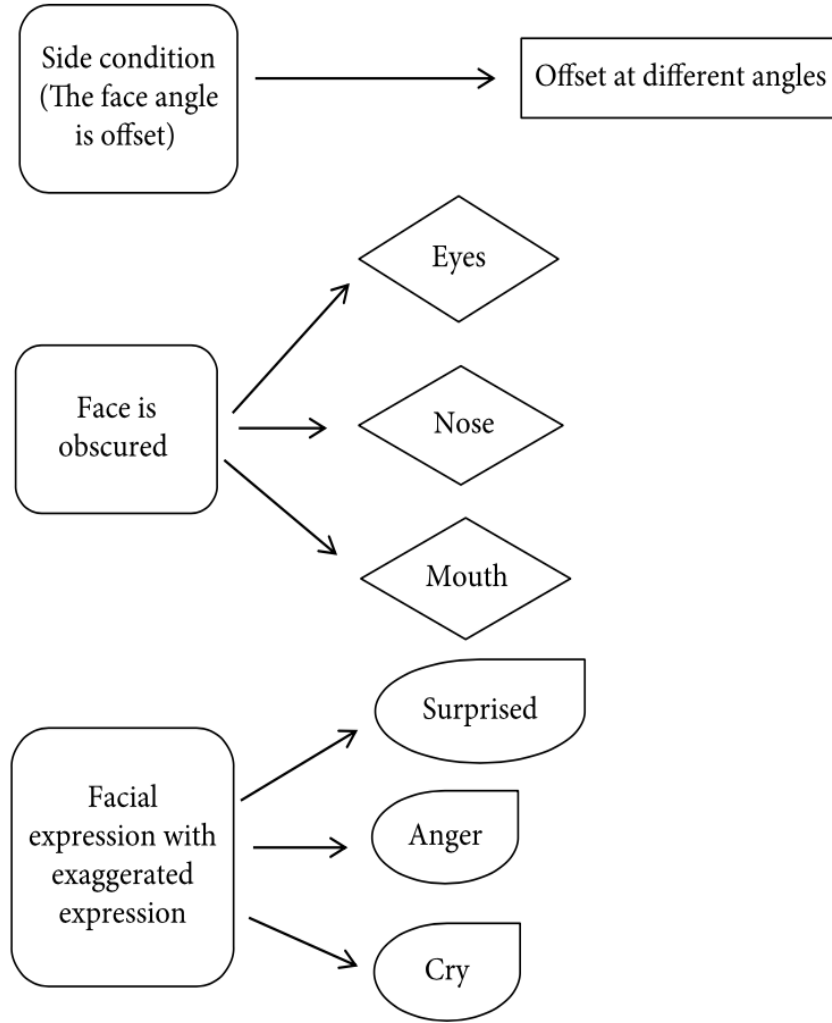


Рисунок 2.8 – Схема експериментального процесу.

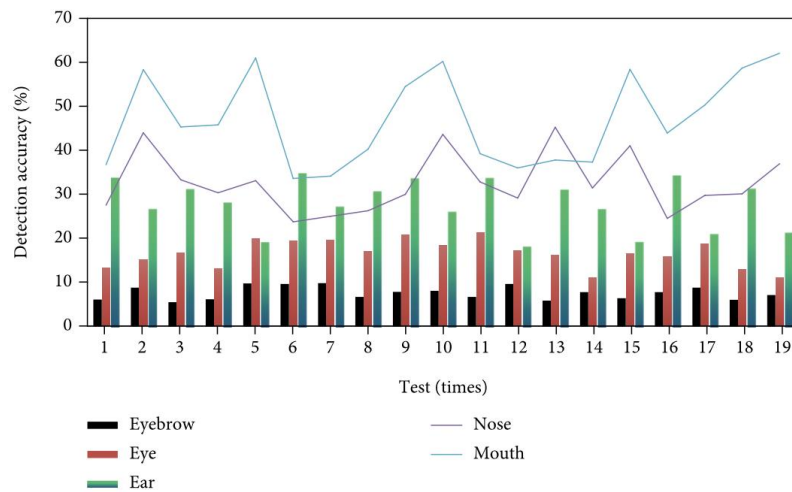


Рисунок 2.9 – Показник точності кута зміщення зображення обличчя OpenCV

Модуль виділення та порівняння ознак в основному базується на моделі згорткової нейронної мережі, і два зображення заповнюються аналогічним чином для завершення кроку розпізнавання. Подібність одного і того ж зображення обличчя становить більше 70%, а схожість різних об'єктів менше 30%, тому воно відповідає потребам щоденного розпізнавання обличчя. Як показано на рисунках 2.10-2.12[12]



Рисунок 2.10 – Метод Seetaface для виявлення оклюзії обличчя



Рисунок 2.11 – Метод YouTube для виявлення оклюзії обличчя



Рисунок 2.12 – бібліотека OpenCV для виявлення оклюзії обличчя

2.1.3. Теоретичні данні методу YouTu

Як новий алгоритм розпізнавання обличь, метод YouTu використовує класичний алгоритм посилення аналізу та рис обличчя, а частина підтвердження розпізнавання обличчя завершується поєднанням методів глибокого навчання. Встановити як $\omega_1, \omega_2 \omega_3 \dots$ колекцію; тоді

$$f(x) = \sum_{t=1}^T \lambda_t \omega_t(x) \quad (2.5)$$

Серед них є λ коефіцієнт кореляції кожного члена, і обидва λ і ω можуть бути вивчити через процес підвищення.

У процесі виявлення обличчя метод YouTu збільшує кількість точок позиціонування до 90 точок, які розкидані по контурах рис обличчя, що значно підвищує точність позиціонування. Загалом, 90 точок, які використовуються для рис обличчя, включають контури брів, очей, носа, рота та обличчя, де брови

симетричні по 8 точках кожна; ліва і права сторони очей становлять 9 балів. Є 13 точок позиціонування, 22 точки позиціонування на губах і 21 точка позиціонування в контурі обличчя.

Серед них метод YouTu використовує модель знань у розпізнаванні обличчя, щоб виконати обробку ознак і обчислити їх схожість. Ключовим кроком є порівняння відомого зображення обличчя з кількома зображеннями в базі даних обличь, аналіз пов'язаних зображень із високою схожістю та чіткого показу коефіцієнта подібності, а саме пошук обличчя 1:N. Якщо фотографія, яку потрібно отримати, містить кілька обличь, повертається результат пошуку, що відповідає кожному з виявлених обличь. Пошук обличчя застосовується до сцен, де користувачеві не потрібно оголошувати особу, а особистість кожної людини в групі визначається шляхом пошуку обличчя в бібліотеці фотографій особи.

Ця технологія має високу швидкість розпізнавання, може здійснювати пошук і коригування відповідно до різних сцен, а також може автоматично виводити модель еволюції обличчя, щоб подолати відмінності кісток, спричинені різницею у віці. Крім того, ця технологія також має технологію протиоклюзії, яка ефективно зменшує вплив перешкод на розпізнавання обличчя, і була застосована до системи відстеження громадської безпеки для зручнішого та швидкого контролю положення обличчя за допомогою розпізнавання обличчя.

Відношення сигнал/шум (SNR) є найважливішим показником продуктивності АЦП. Відношення сигнал/шум включає такі фактори, як лінійність, спотворення, імпульс і шум, відповідно до точності квантування АЦП.

2.2. Теоретичні данні методів розпізнавання обличчя

Системи розпізнавання обличчя використовуються вже майже 50 років. Розпізнавання обличчя є одним із досліджень у сфері розпізнавання образів і комп'ютерного зору завдяки його численним практичним застосуванням у сфері біометричних даних, інформаційної безпеки, контролю доступу, правоохоронних органів, смарт-карт та системи спостереження. Перше широкомасштабне застосування розпізнавання обличчя було здійснено у Флориді.

Біометричні методи стали найбільш перспективним варіантом розпізнавання осіб в останні роки, оскільки замість того, щоб сертифікувати людей і надати їм доступ до фізичних та віртуальних доменів на основі паролів, PIN-кодів, смарт-карт, пластикових карток, жетонів, ключів тощо, ці методи досліджують фізіологічні та/або поведінкові характеристики індивіда з метою визначення та/або встановлення його/її особистості.

Паролі та PIN-коди важко запам'ятати, їх можна вкрасти або вгадати; картки, жетони, ключі тощо можна втратити, забути або скопіювати; магнітні картки можуть стати пошкодженими та нечіткими. Однак біологічні риси людини не можна втратити, забути, вкрасти чи підробити [1].

Щоб розробити корисну та застосовну систему розпізнавання обличчя, необхідно врахувати кілька факторів:

- загальна швидкість системи від виявлення до визнання має бути прийнятним;
- точність повинна бути високою.

2.2.1. Теоретичні данні методу Holistic Matching

Першу успішну демонстрацію машинного розпізнавання обличь Турк і Пентленд [2] зробили у 1991 році за допомогою власних обличь. Їхній підхід охоплює розпізнавання обличь як проблему двовимірного розпізнавання.

Блок–схема на рисунку 2.13 [15] ілюструє різні етапи системи розпізнавання на основі власних граней. Перший етап полягає в тому, щоб вставити набір зображень у базу даних, ці зображення є іменами як навчальний набір, і це тому, що вони будуть використовуватися, коли ми порівнюємо зображення та створюємо власні грані. Другий етап полягає у створенні власних граней. Власні обличчя створюються шляхом вилучення характерних рис з обличь. Вхідні зображення нормалізуються, щоб вирівняти очі та роти. Потім їх розміри змінюються, щоб вони мали однаковий розмір.

Власні грані тепер можна витягти з даних зображення за допомогою математичного інструменту під назвою «Аналіз основних компонентів» (РСА). Коли власні грані будуть створені, кожне зображення буде представлено у вигляді векторам ваг. Тепер система готова приймати введені запити. Знаходиться та порівнюється вага вхідного невідомого зображення до ваги тих, хто вже в системі. Якщо вага вхідного зображення перевищує заданий поріг, воно вважається неідентифікованим. Ідентифікація вхідного зображення здійснюється шляхом пошуку зображення в базі даних, ваги якого найближчі до ваг вхідного зображення. Зображення в базі даних з найближчою вагою буде повернуто як звернення до користувача системи [2].

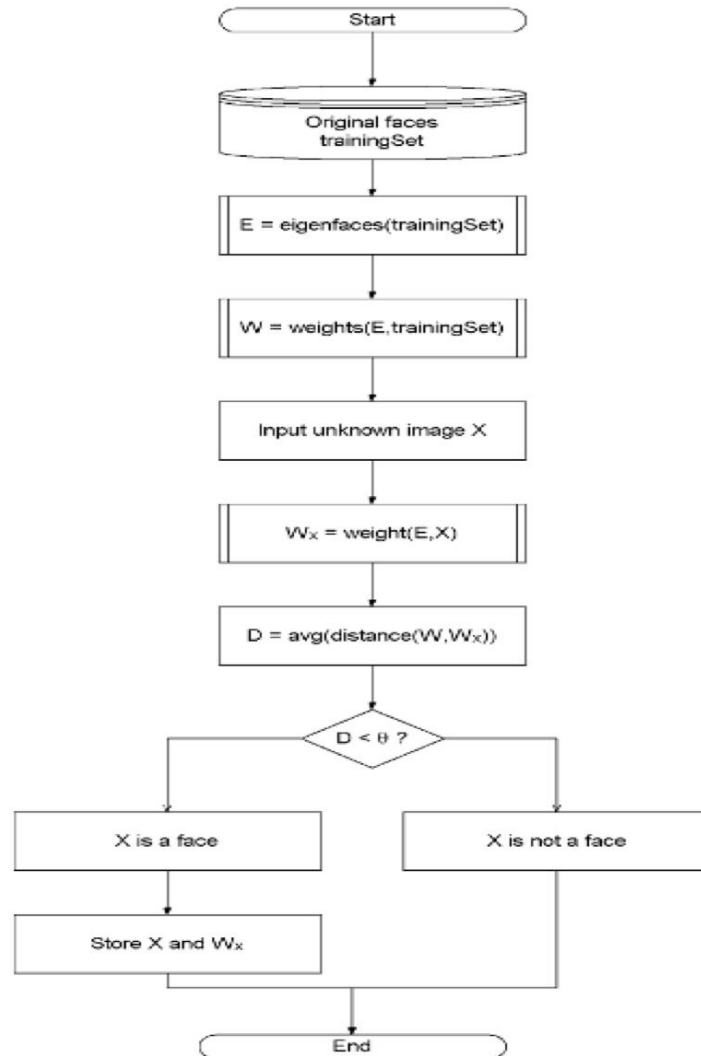


Рисунок 2.13 – Блок-схема алгоритму на основі власних граней

2.2.2. Теоретичні данні методу Feature-based (structural)

Методи на основі ознак (структурні): у цьому методі, в першу чергу, виділяються локальні ознаки, такі як очі, ніс і рот, а їх розташування та локальна статистика (геометричний та/або зовнішній вигляд) подаються до структурного класифікатора. Великим викликом для методів вилучення ознак є «відновлення», коли система намагається отримати функції, які є невидимими через великі

варіації, напр. Поза голови, коли ми порівнюємо фронтальне зображення із зображенням профілю [5]. Розрізняє три різні методи екстракції:

- загальні методи, засновані на ребрах, лініях і кривих;
- методи на основі функцій–шаблони;
- структурні методи відповідності, які враховують геометричні обмеження на особливості.

2.2.3. Теоретичні данні гібридних методів

Гібридні системи розпізнавання обличчя використовують комбінацію як цілісних методів, так і методів виділення ознак. Як правило, 3D-зображення використовуються в гібридних методах. Зображення обличчя людини фіксується в 3D, що дозволяє системі відзначати вигини очних западин, наприклад, або форми підборіддя чи чола. Навіть грань у профілі буде служити, оскільки система використовує глибину та вісь вимірювання, що дає їй достатньо інформації для побудови повної грані. Тривимірна система зазвичай працює таким чином: виявлення, розташування, вимірювання, представлення та відповідність. Виявлення – зйомка обличчя або сканування фотографії, або фотографування обличчя людини в режимі реального часу. Позиція – Визначення розташування, розміру та кута нахилу голови. Вимірювання. Призначення вимірювань кожній кривій обличчя для створення шаблону з конкретним фокусом на зовнішній стороні ока, внутрішній стороні ока та куті носа. Представлення – Перетворення шаблону в код – числове представлення обличчя та відповідність – Порівняння отриманих даних з гранями в існуючій базі даних.

Якщо 3D-зображення потрібно порівнювати з існуючим 3D-зображенням, воно не потребує змін. Однак зазвичай фотографії, які розміщуються у 2D, і в

цьому випадку тривимірне зображення потребує кількох змін. Це складно і є однією з найбільших проблем у цій галузі сьогодні.

Розпізнавання облич також корисно для взаємодії людини з комп'ютером, віртуальної реальності, відновлення баз даних, мультимедіа, комп'ютерних розваг, інформаційної безпеки, наприклад. операційна система, медичні записи, онлайн-банкінг., біометричні, напр.

Особиста ідентифікація – паспорти, водійські права, автоматична перевірка особи – прикордонний контроль, правоохоронні органи, наприклад відеоспостереження, розслідування, Personal Security – система моніторингу водіїв, система відеоспостереження будинку.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ

3.1. Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації

3.1.1 Можливості та особливості програми Spark AR

Spark AR — це студійний інструмент від Facebook, який дозволяє користувачам створювати власні ефекти AR для мобільних пристроїв. Вперше запущений у 2017 році, Facebook продовжує додавати можливості до платформи – останнім часом, додавши аналітику для кампаній у Instagram та Facebook. Сумісна для Mac і Windows, платформа AR порівнянна з такими інструментами, як Sketch або Photoshop – тільки це для доповненої реальності.

До 2021 будь-хто міг використовувати Spark AR Studio для створення користувальницьких ефектів AR, але якщо ви хотіли, щоб вони трансливалися на таких платформах, як Instagram, ви повинні були брати участь у бета-програмі. Однак тепер кожен може спробувати створити власні ефекти AR та опублікувати їх в Інтернеті.

Spark AR дозволяє створювати власні ефекти AR для мобільних пристроїв, використовуючи набір інструментів – від виправлення до анімації. Більше того, вам не потрібно бути технічним генієм, щоб мати можливість ним користуватися. Це дозволяє:

Маючи безліч функцій і навчальних посібників, це хороший інструмент для професійних творців (наприклад, таких як наша), а також для особистих користувачів. Наприклад, Spark AR дозволяє вам вставляти власні тривимірні об'єкти в проект, змінювати їх властивості та додавати інтерактивність, логіку та анімацію. Однак, якщо у вас немає власних 3D-моделей, Spark AR надає широкий спектр готових 3D-об'єктів у бібліотеці AR.

Такі платформи, як Spark AR, демонструють, як технології змішаної реальності стають все більш популярними – доступнішими, кориснішими та

веселішими. Spark AR дозволяє створювати будь-що, від фільтра обличчя до інтерактивних ігор AR, а соціальні мережі надають йому широку аудиторію. Тим часом важливість маркетингу через соціальні медіа зрозуміла. Instagram налічує понад 500 мільйонів щоденних користувачів, і його популярність постійно зростає, при цьому рекламодавці повідомляють, що в Instagram в чотири рази більше, ніж у Facebook.

Spark AR дозволяє брендам бути більш креативними та привабливими, використовуючи переваги детальних показників, включаючи загальну кількість показів, захоплені та часток, що дає уявлення про те, як їх аудиторія реагує на AR. У Immersive Studios ми вже більше чотирьох років створюємо AR для клієнтів, і такі інструменти, як Spark, є значущими та захоплюючими, оскільки вони швидко та легко виносять AR на масовий ринок. Він показує, як технологія розвивається – як з точки зору простоти та можливостей, так і з точки зору аудиторії та демографічної групи користувачів – це означає, що AR, природно, стає все більш поширеним.

Spark AR – це ефективний і універсальний спосіб створення доповненої реальності, який розширює ігрове поле, дозволяючи кожному, хто цікавиться AR, отримати доступ до основних функцій. Для нас як бізнесу це дає більше інструментів для нашого арсеналу. Для тих, хто цікавиться візуальними ефектами та 3D-досвідом, це дає платформу для самостійного вивчення.

3.1.2 Можливості та особливості програми Figma

Figma – це хмарний інструмент для проектування та створення прототипів для цифрових проектів. Він створений для того, щоб користувачі могли співпрацювати над проектами та працювати практично будь-де.

Хоча цей інструмент дуже схожий на інші варіанти прототипування, ключовою відмінністю є можливість працювати з командами над проектами. На сьогоднішній день Figma є, мабуть, найбільш підходящим варіантом.

Figma – це векторний інструмент, який живе в хмарі, що дозволяє користувачам працювати з будь-якого місця з браузера. Це швидкий інструмент, який створений для проектування, створення прототипів, співпраці та організаційного проектування систем.

Порівнянні інструменти включають Sketch, Adobe XD, Invision і Framer.

Як і багато інших інструментів, Figma підтримується потужною спільнотою дизайнерів і розробників, які спільно використовують плагіни для збільшення функціональності та прискорення робочих процесів. Будь-хто може внести свій вклад і поділитися.

Figma використовується деякими великими брендами, включаючи Slack, Twitter, Zoom, Dropbox і Walgreens. Ці назви свідчать про те, що цей інструмент достатньо надійний, щоб забезпечити роботу практично будь-якого проекту.

Векторний інструмент проектування, який дуже масштабується. Він працює як для індивідуальних проектів, так і для масових командних зусиль. Дизайн на основі браузера є достатньо «розумним», щоб зберегти вашу роботу на ходу і навіть не відставати, якщо ви на мить втратите з'єднання з Інтернетом.

Основні функції включають:

- сучасний інструмент «Перо», який дозволяє малювати в будь-якому напрямку та миттєво створювати дуги;
- відкриті функції шрифту Type;
- автоматизовані завдання за допомогою плагінів для повторюваних елементів для прискорення проектів;
- інтелектуальний інструмент вибору з автоматичним налаштуванням інтервалів, упорядкування й упорядкування;
- гнучкі стилі, які зберігають прямо у вашому проекті;
- створення проектних систем і компонентів;

- перетягніть доступні бібліотеки;
- можливість мати необмежену кількість глядачів на проєкті, щоб вся команда була в курсі;
- перевірте файли дизайну та візьміть фрагменти коду;
- проста функція експорту, яка має пряме посилання;
- дизайн взаємодії та оптимізовані для мобільних пристроїв прототипи;
- розумна анімація для з'єднання об'єктів і переходів;
- вбудовані коментарі;
- редагуйте разом із командами в режимі реального часу в спільних дизайнерських просторах;
- історія версій, яка дає вам знати все, що змінилося, і хто це зробив;
- створюйте системи дизайну з ресурсами, доступними для пошуку, стилями для спільного використання та всіма всіма в одному місці;
- створюйте багаторазові компоненти з можливістю замінити їх, коли це необхідно;
- одна платформа для всього від дизайну до прототипу.

Порівняння Photoshop і Figma. Будь який веб-дизайнер може використовуватися в роботі, як мінімум, нескількома інструментами (Adobe XD, Sketch, Illustrator, WebFlow і пр.).

Але суперечки в професійному середовищі, частіше всього, виникають із-за застосування Photoshop і Figma. Вважається, що Photoshop є той основою, без якої не обійтися спеціалістам. Інші стверджують: для повноцінної роботи достатньо Figma. Кто прав і на чому ґрунтується такий вибір? Давайте розберемо ключові моменти цього «протистояння» двох програм, вирішив, яку все-таки має сенс вибрати.

Ідеально підходить для використання растрової графіки. В принципі, Photoshop і створювався, щоб редагувати фотографії. Це робиться зручною реставрацією фотографій, рішення допомагає переводити ч/б зображення в

квітне. Обробка фото, якщо в роботі передбачається використання великого числа фото, то Photoshop є ключовим засобом в обробці.

З'являється можливість створення складних креативних макетів. Photoshop надає дизайнеру можливість застосовувати готові зображення з фото стоків і обробляти їх при необхідності. Можна вилучити тварин і людей, змінити фон і кольорові гами, швидко сформувати цікаві колажі. Вивчивши базові навички photoshop, можна перетворити найпростішу картинку у шедевр – причому за короткий проміжок часу.

Програма знайома і розробникам, і замовникам. Для людей, далеких від дизайну, Photoshop – це стабільний продукт, якому дійсно можна довіряти. Створення макетів в форматі .psd – це класика. З іншого боку у photoshop є недоліки серед них:

- нелегкий в ознайомленні. Це складна програма, що має багато нюансів. Насправді вивчення може зайняти місяці. Але, якщо все-таки освоїти Photoshop, буде набагато простіше освоїти інші схожі програмні засоби;

- проблеми, що виникають при роботі з векторними зображеннями. У програмі малюються іконки, різні форми, фігурки та ін. Але реалізувати ці задачі непросто. Растрові зображення краще реалізовувати використовуючи інші інструменти, такі як CorelDRAW Graphics Suite, а після переходити до завантаження результатів у Photoshop та роботи з макетом.

Переваги Figma у порівнянні з Photoshop:

- можливість розробляти макет в команді. Це дуже зручно, якщо мова йде про спільну діяльність. Функція схожа на те, що пропонує Google Workspace - дизайнери вказали, кожен має свій курсор. Коли потрібно зв'язатися з іншим, це можна зробити безпосередньо у програмі – без використання додаткових застосунків. Але, якщо робота ведеться без співробітників, дана функція так і залишиться невикористаною;

- роботу можна вести, не встановлюючи програму. І це чудово – особливо якщо в розпорядженні спеціаліста старовинної техніки, а отримати нову

можливість в принципі. Правда, програма буде все же замінювати роботу - навіть коли використовується настільна версія. У випадку, якщо цей варіант покаже неприємним, краще встановити інструмент на ПК, що надасть широкі можливості дизайнеру;

– наявність функції «Компоненти». І це очевидне перевага. В чому воно складається? Все просто: можна змінювати повторювані елементи, при цьому кожен не загрожує. Як приклад, зроблений значок, який буде доступний на кожній зі сторінок макета, але ви вирішили змінити його колір. Використовуючи Figma, можна вибрати функцію «Компоненти» і позначити таким початковим елементом, а після створення копії. Тоді, якщо потрібно буде що-то назвати, правку можна буде внести лише в один значок – все інше станеться автоматично. Така функція доступна і в Photoshop - вона називається «Смарт-об'єкти». Но можливо куда менше, а тому зручною її не назвати;

– зручність роботи з векторними зображеннями. А вот в цьому випадку дрібні детальки, іконки та пр. будуть мати якість вище, чим у створених у «photoshopі». Видимі пікселі відсутня, і картинка не ухудшається навіть якщо її приблизити;

– присутствует векторна сеть, при використанні якої легко пересуваються не просто точки, а навіть лінії, при цьому не порушає геометрию. При використанні інших варіантів програми з подібними діями у дизайнерів виникають труднощі. Без встановлення та при наявності Інтернету зробити що-небудь не вийде.

Якщо користувач вирішив обійтися без завантаження додатків, потрібно бути готовим до того, що будь-які проблеми з підключенням стануть причиною блокування доступу до Figma. Інтерфейс програми зображено на рисунку 3.1.

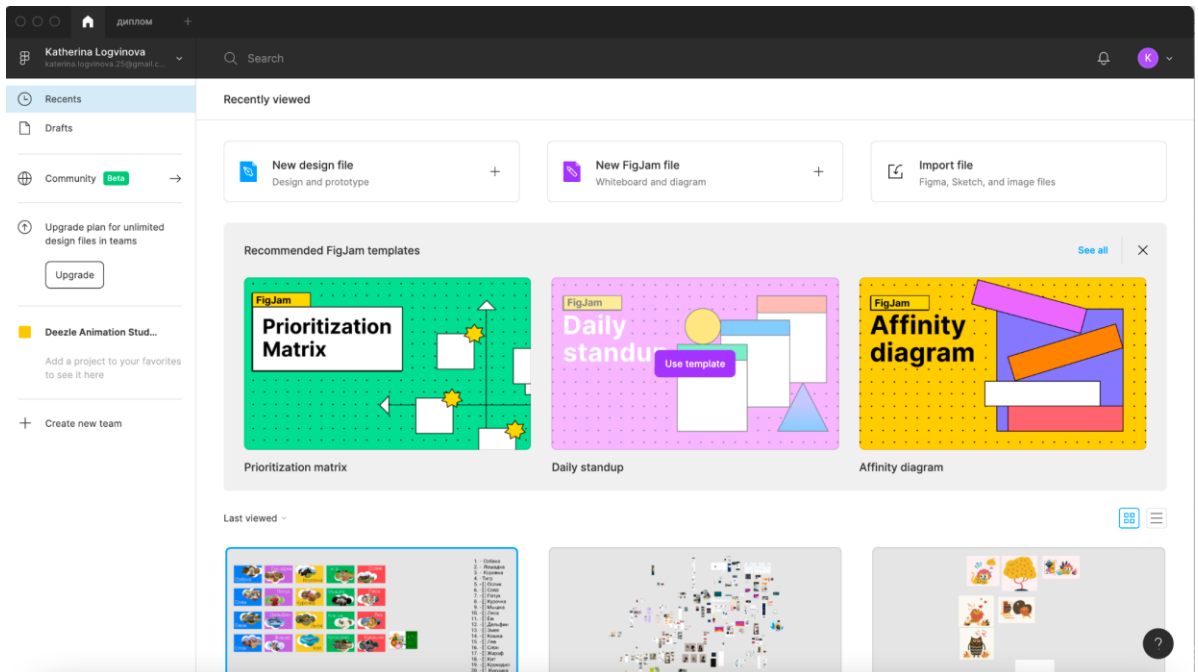


Рисунок 3.1 - Інтерфейс Figma

3.1.3 Можливості та особливості програми Spark Hub

Spark AR Hub — це продукт, який розробники використовують для публікації, керування, відстеження та розуміння ефективності своїх ефектів AR у сімействі програм і пристроїв Facebook.

Spark AR Hub доступний кожному, хто має обліковий запис Facebook, і доступ до нього можна отримати за адресою <https://www.facebook.com/sparkarhub/dashboard>.

Коли ваш ефект доповненої реальності буде, і у вас є всі об'єкти, які потрібно опублікувати, ви скористаєтесь функціями експорту в Spark AR Studio, щоб підготувати ефект. Якщо ви вперше, у нас є покроковий посібник із експорту ефектів, якого корисно слідувати. Коли експорт буде завершено, ви завантажите експортований файл до Spark AR Hub. З цього моменту ви будете використовувати Spark AR Hub для керування ефектом.

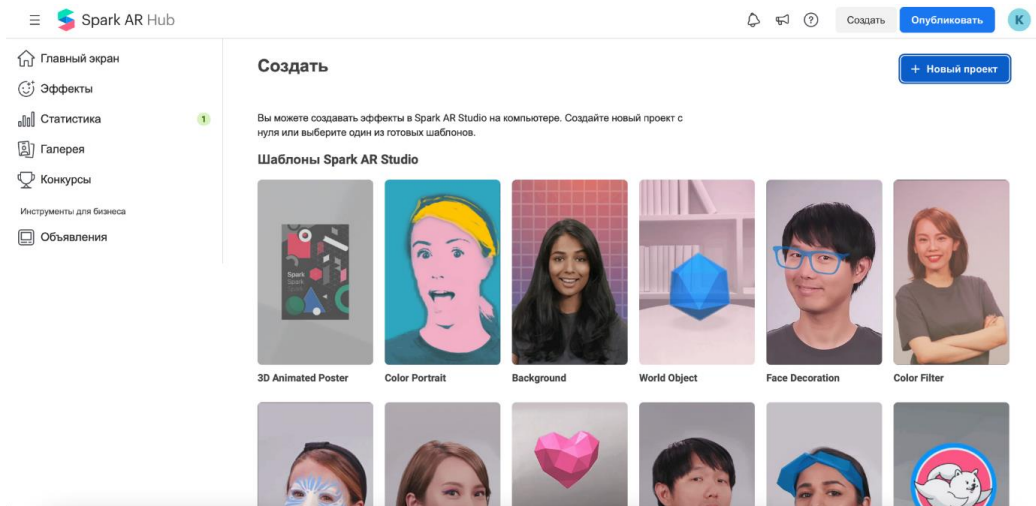


Рисунок 3.2 - Интерфейс Spark AR Hub

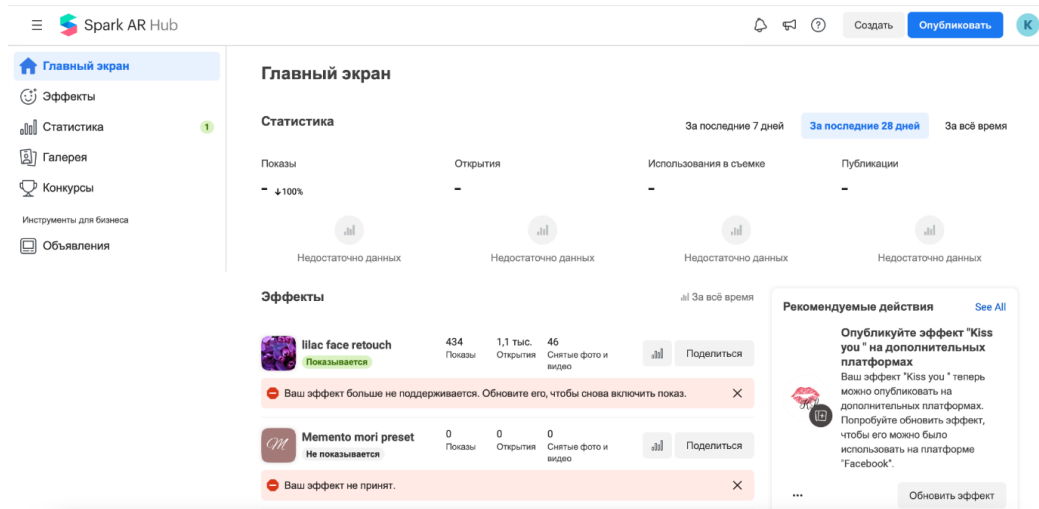


Рисунок 3.3 - Додавання ефекту в Spark AR Hub

При завантаженні ефекта у Spark AR Hub, вам буде запропоновано вибрати місце призначення: Facebook або Instagram. Instagram — наша найновіша платформа для ефектів Spark AR на рисунку 3.3.

Залежно від того, яке місце призначення ви виберете, після його схвалення ваш ефект буде загальнодоступним через камери Facebook або Instagram. Одна важлива примітка щодо схвалення: усі надіслані ефекти мають відповідати нашим стандартам спільноти та політикам платформи. Крім того, для Instagram

у нас є кілька чудових порад, на які ви можете посилалися, щоб підвищити ваші шанси на схвалення.

Щойно ваш ефект буде схвалено, унікальне посилання на ваш ефект буде створено через Spark AR Hub. Потім ви можете використовувати це посилання, щоб поділитися своїм ефектом де завгодно (наприклад, у своєму профілі Facebook, сторінці Facebook, особистому блозі, облікових записах у соціальних мережах тощо). Коли хтось натисне на нього, він автоматично відкриє ваш ефект у його камері Facebook або Instagram.

Тепер є різноманітні способи, якими ви можете додатково просувати свій ефект, щоб допомогти людям знайти його та спробувати.

Spark AR Hub надає Insights, щоб допомогти вам відстежувати та зрозуміти, як ваші опубліковані ефекти працюють як у Facebook, так і в Instagram. Надаються три показники для кожної платформи: покази, захоплення та частки.

Покази – це кількість показів вашого ефекту на екрані. Це стосується випадків, коли ефект відображається, коли хтось пробує його на камері, а також коли ефект відображається в спільній історії чи публікації. Знімки – це кількість разів, коли хтось зняв фотографію або відео з вашим ефектом на камеру Facebook або Instagram.

Поширення – це кількість разів, коли хтось зробив і поділився фотографією чи відео, на яких зображено ваш ефект, у історії чи публікації у Facebook або Instagram. Spark AR Hub відображає статистику.

3.2 Програмна реалізація

3.2.1 Дизайн масок з використанням Figma

Отже, реалізовувати маску будемо завдяки Spark AR, яку імпортуємо до Spark AR HUB, де матимемо можливість керувати створеними масками та

завантажувати до фейсбук чи інстаграм аккаунтів. Дизайн буде виконано у програмі Figma. Spark AR надає змогу швидко і легко оволодіти практикою і необхідними знаннями для роботи з доповненою реальністю.

В процесі вибору ідеї було перш за все поставлено декілька цілей. Маркетингова та соціальна, таким чином було вирішено створити маску рандомайзер, яка зацікавить дитину під час прийому лікаря.

Була проведена консультація з працівниками клініки для того щоб узгодити дизайн та тематику створення AR масок.

У ході бесіди виявлено, що найбільш популярним є малюнки тварин. Якщо дитина маленька - то може відгадати, що це за тварина і який звук вона робить.

Таким чином маска з рандомним відображенням елементів буде мати варіацію різних тварин (рис. 3.4).

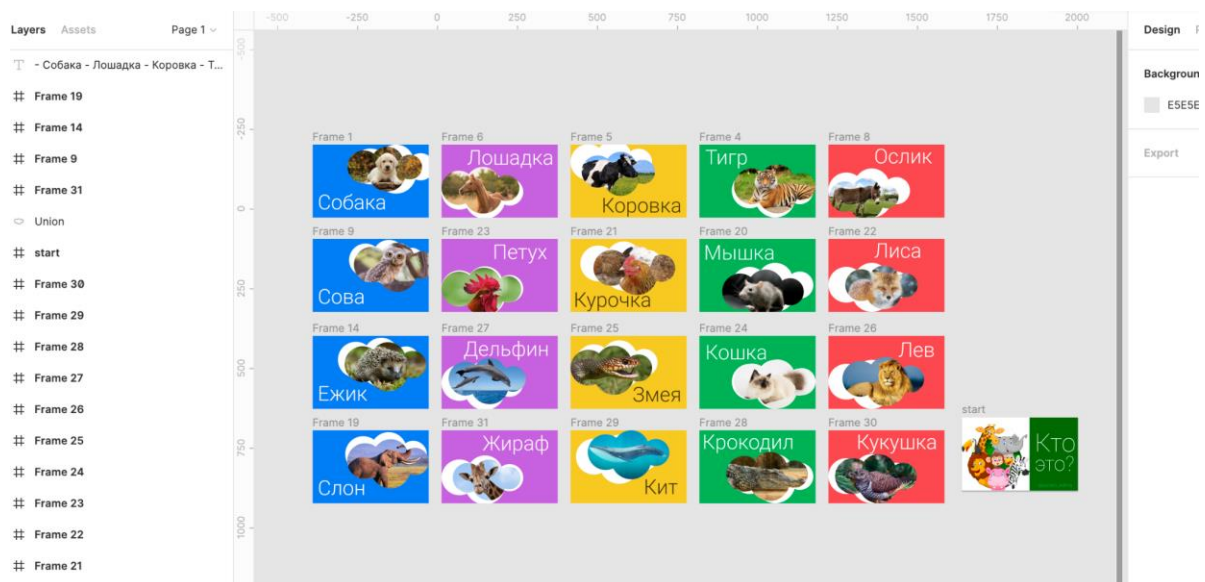


Рисунок 3.4 – Дизайн зображень з Figma

Перш за все необхідно завантажити Spark AR на локальний комп'ютер.

Для інсталяції Spark AR необхідно завантажити інсталяційний файл з офіційного сайту Spark AR (<https://sparkar.facebook.com/ar-studio/>). Сервіс

пропанує безкоштовну версію. Отже завантажуймо файл та проводимо класичну операцію інсталяції

Наступним етапом є ознайомлення зі середою розробки. Головний екран програми можна побачити на рисунку 3.5.

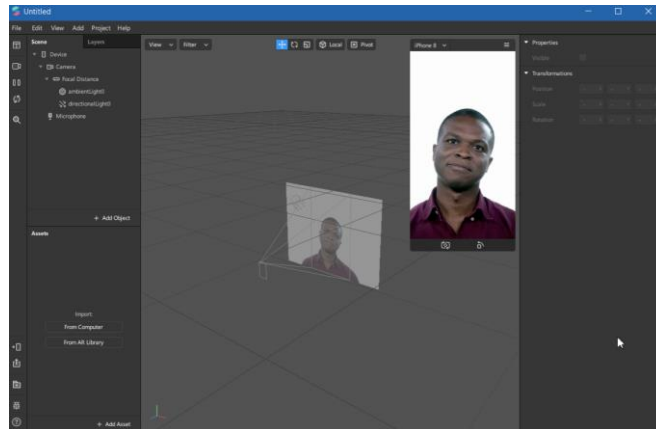


Рисунок 3.5 – Головна сторінка робочого середовища Spark AR

3.2.2 Розробка AR маски в Spark AR

Етап додавання face tracking– свого роду прототип людського обличчя, на нього приміряються все що накладаються ефекти, перевіряється правильність їх відображення при ворухіння губами, вилицями і т.п.

Щоб додати "людську модель" на робочу область потрібно використати функцію "Add object" (дати об'єкт) на лівій вертикальній панелі інструментів. Після цього всі рухи (повороти голови і обличчя) фіксуватимуться програмою. Тобто на моделі–прототипі з'являться осі координат.

Маска складається з двох компонентів – текстури (Texture) і матеріалу (Material). Текстуру – вже заздалегідь створений об'єкт – потрібно завантажити в Spark AR Studio в форматі JPEG. Тобто створені заздалегідь шаблони

імпортуються до середини розробки. Також важливим фактором є приписання у середовищі, чи буде маска на весь екран чи тільки робота з обличчям.

Також було створено матеріал для маски. Для цього обрані на правій панелі відповідні матеріали.

У вкладці Scene був додано ефект Face Tracker, а до нього прив'язати інший, Face Mash, клікнувши правою кнопкою миші і натиснувши Add. Саме ця зв'язка ефектів дозволяє створити маску, яка реагує на виразу обличчя користувача.

Після цього текстури були модифіковані, щоб налаштувати під конкретну текстуру (рис. 3.6)

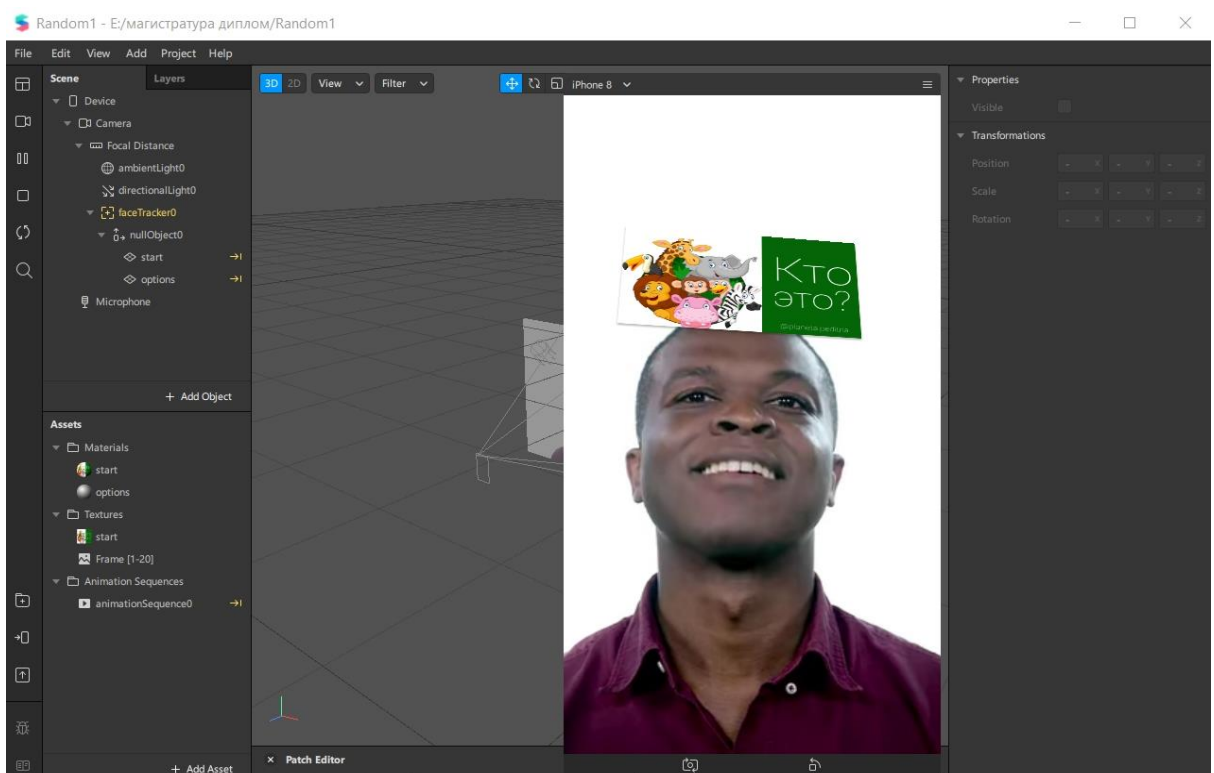


Рисунок 3.6 – Налаштування текстур відображення

Для проектування маски використовувався додатковий функціонал програми, оскільки необхідна логіка відображення елементів.

Patch Editor – це місце, в якому можна з'єднувати різноманітні блоки і тим самим задавати логіку масці.

Перш за все було додано Patch Editor В матеріалах було створено додаткові матеріали з назвами «запитання» та «відповідь» відповідно.

Далі додана функція «Screen tap» яка реалізує маску після натискання на екран телефону, також були побудовані ліміти відображення маску та часовий трекер, який відповідає проміжку часу відображення елементів. Більш детальна логіка роботи відображена на рисунках 3.7, 3.8, 3.9.

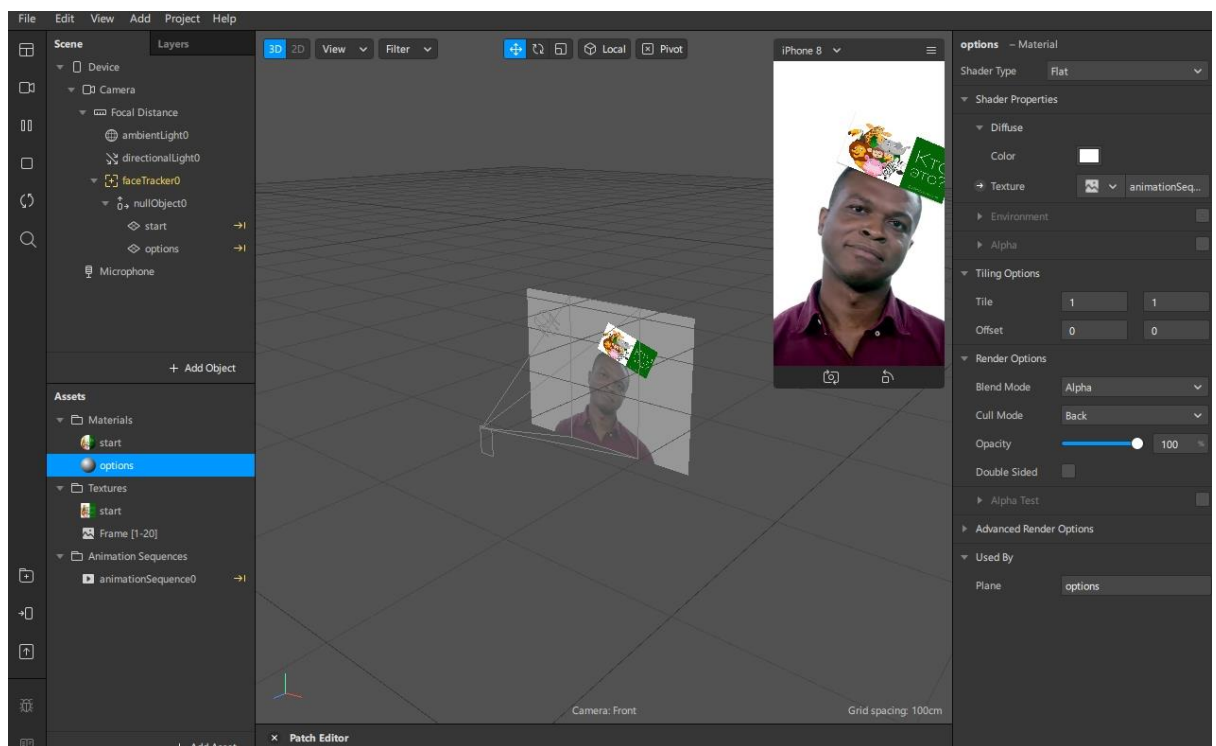


Рисунок 3.7 – Налаштування текстур відображення

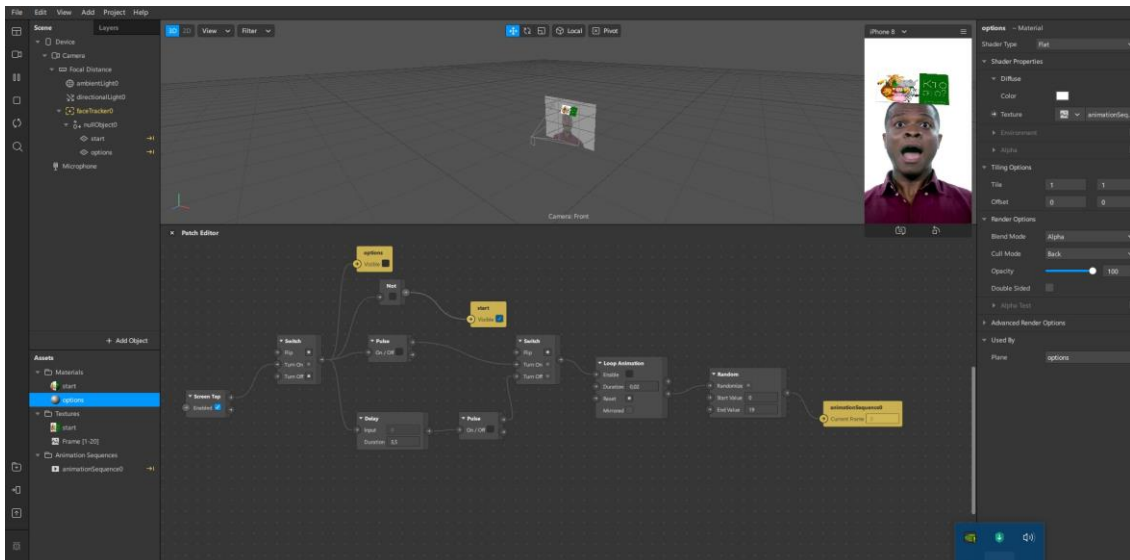


Рисунок 3.8 – Налаштування Patch Editor

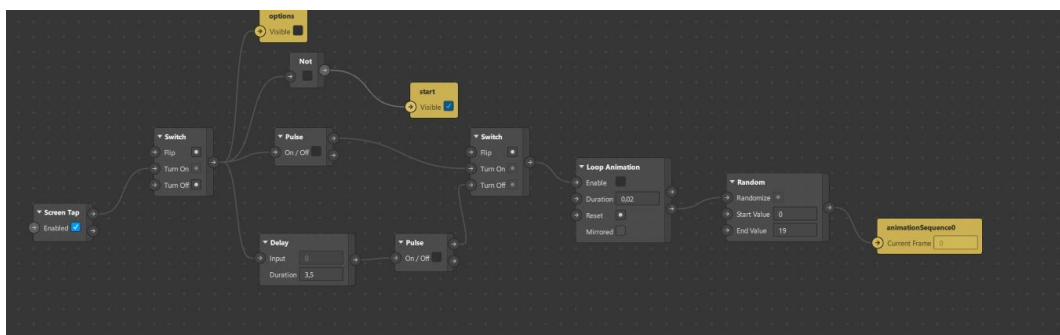


Рисунок 3.9 – Детальне відображення Patch Editor

3.2.2 Підготовка та завантаження в Spark AR Hub

Модерація масок проходить на сервісі Spark AR Hub. Щоб завантажити маску на перевірку, на вкладці "Manage Effects" (управління ефектами) було проведено "Завантаження ефекту". Рисунки 3.10 - 3.11.

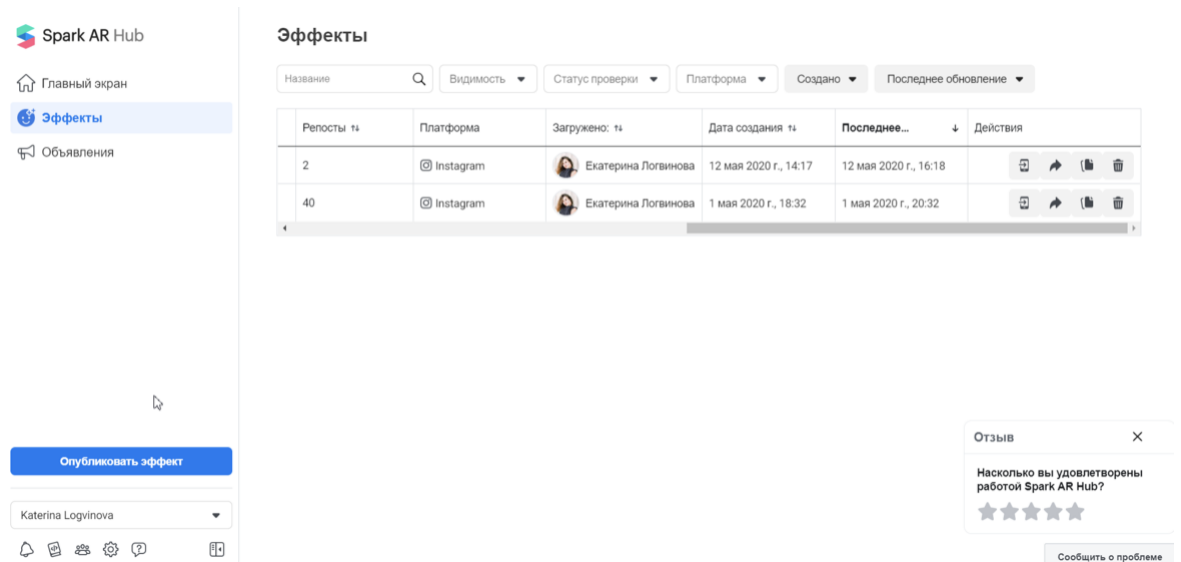


Рисунок 3.10 – Интерфейс Spark AR HUB. Головна сторінка

Із обов'язкових елементів потрібно створити іконку, яка буде служити обкладинкою маски в соціальній мережі. Важливо, щоб мініатюра відображала основні елементи маски, але не була її точною копією.

Допустимий розмір іконки від 200×200 до 700×700 px. Також потрібно вказати ключові слова та відео огляд маски, який буде відображатися в профілі користувача.

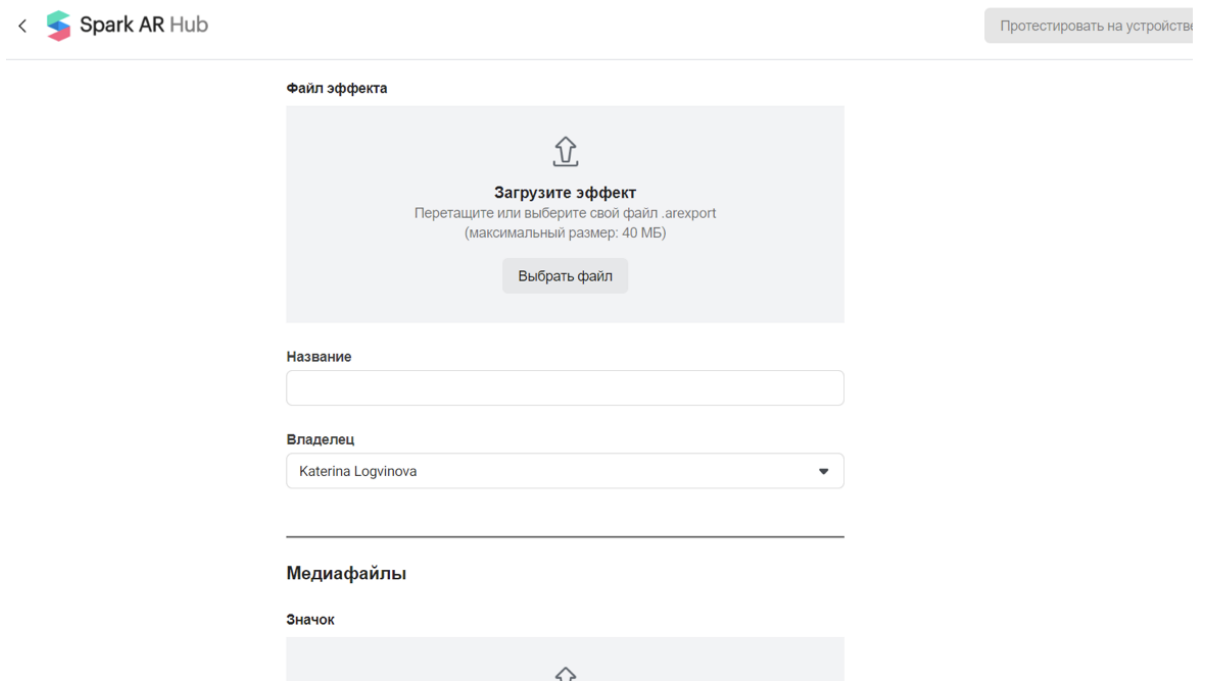


Рисунок 3.11 – Экран завантаження маски

Після заповнення всіх полів маска буде проходити модерацію, це може зайняти до 7 днів. Все залежить від коректності завантаження ефекту.

Розглядаючи докладніше принцип роботи програми створеного в Spark AR Studio. Використовується засіб відстеження особи, щоб створити ефект, який відповідає або збільшує чиєсь обличчя.

Спочатку об'єкт, що моделюється особа, розташований на так званій «сцені», де за допомогою фейс-трекера і матеріалів, і рядків коду можливо моделювати маску. Коли трекер особи комбінується з сіткою особи, він створює поверхню, яка може визначати руху і виразу обличчя. Як результат було створено 3 маски для медичного центру.

3.3 Порівняння створених масок

Однозначно можна сказати, що зацікавленість маскою грою (рис. 3.13) здобула 13 815 показів за 2 місяці, у той час коли маска-логотип (рис. 3.14) за схожий період часу охопила лише 1082 людину (рис. 3.12).

Більш за це, зацікавленість у медичному центрі у соціальних мережах зросла на 20% згідно інформації від керівників центру.

Видимость	Статус проверки	Показы ↑↓	Открытия ↑↓	Использования ... ↑↓	Публикации ↑↓
Показывается	● Принято	434	1 082	46	5
Показывается	● Принято	22 455	13 815	2 745	384

Рисунок 3.12 – Порівняння 2 типів масок доповненої реальності



Рисунок 3.13 – Маска рандомайзер з тваринами



Рисунок 3.14 - Маска-ЛОГОТИП

ВИСНОВКИ

Огляд існуючих застосунків показав основні тенденції в розвитку технології доповненої реальності. Ця технологія в наш час дуже бурхливо розвивається і може знайти застосування в багатьох областях. Аналіз застосунків показав, що зараз вони мають, в основному, або розважальний, або вузькоспрямований характер.

Основна увага в таких програмах приділяється їх можливостям при взаємодії з навколишнім середовищем і користувачем. Зважаючи на це, можна зробити висновок про актуальність поширення знань по розробці додатків, які застосовують доповнену реальність, серед студентів.

У результаті практичної роботи були розроблені AR маски. Які були використані у медичному центрі у якості психологічного відволікання в процесі прийому лікаря або вакцинації.

В процесі розробки суттєве значення мала обрана платформа, А саме Spark AR. Оскільки процес поширення був досить швидким у порівнянні з запуском нативної програми.

Поставлені цілі були виконані в повному обсязі. Данна робота набула практичного застосування в медичному центрі. В процесі тестування було виявлено, що зацікавленість дітей та батьків зросла на 20%.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Carmigniani, J., Furht, B.: Augmented reality: An overview, [in:] Furht B. (ed.): Handbook of augmented reality, Springer, Nowy Jork 2011
2. Raja V., Calvo P.: Augmented reality: An ecological blend, Cognitive Systems Research, 2017, 42, 58–72.
3. Li X., Yi W., Chi H.-L., Wang X., Chan A.P.C.: A critical review of virtual and augmented reality VR/AR applications in construction safety, Automation in Construction, 86, 2018, 86, 150–162.
4. Akçayir M., Akçayir G., Pektas, H.M., Ocak M.A.: Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories, Computers in Human Behavior, 2016, 57, 334–342.
5. S. Wu and Z. Yinwei, "Face detection based on selective search and convolutional neural networks," Computer Application Research, vol. 34, no. 9, pp. 2854–2857, 2017.
6. C. Wang, Z. Luo, Z. Zhun, and L. Shaozi, "A face detection method with multi-layer feature fusion," Journal of Intelligent Systems, vol. 13, no. 1, pp. 138–146, 2018.
7. Y. Sheping, L. Wei, M. Ma, and S. Gao, "Lens detection based on LBP and SVM," Computer Technology and Development, vol. 27, no. 9, pp. 44–47, 2017.
8. S. Qu, W. Xu, J. Zhao, and H. Zhang, "Design and implementation of a fast sliding-mode speed controller with disturbance compensation for spmsm system," IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol. 99, pp. 1–1, 2021.
9. Y. Cheng, "Complex illumination face recognition based on multi-feature fusion," Computer Engineering and Applications, vol. 53, no. 14, pp. 39–44, 2017.

10. J. Chenkai, S. Tao, Z. Lei, L. Gang, L. Wang, and L. Kailun, "Overview of face recognition technology based on deep convolutional neural networks," *Computer Applications and Software*, vol. 35, no. 1, pp. 223–231, 2018.
11. L. Qianyu, J. Jianguo, and Q. Meibin, "Face recognition algorithm based on improved deep network," *Chinese Journal of Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 619–625, 2017.
12. N. Xiao, R. Xinyi, Z. Xiong et al., "A diversity-based selfish node detection algorithm for socially aware networking," *Journal of Signal Processing Systems*, vol. 93, no. 7, pp. 811–825, 2021.
13. Z. Liao, Y. Wang, X. Xie, and L. Jianming, "Support vector machine face recognition based on particle swarm optimization," *Computer Engineering*, vol. 43, no. 12, pp. 248–254, 2017.
14. Q. Jiang, F. Shao, W. Lin, K. Gu, G. Jiang, and H. Sun, "Optimizing multistage discriminative dictionaries for blind image quality assessment," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 20, no. 8, pp. 2035–2048, 2018.
15. L. Feng, M. Fanrong, and Z. Liang, "Face recognition based on first- and second-order information image representation," *Computer Application Research*, vol. 34, no. 2, pp. 603–606, 2017.
16. M. Xu, D. Xu, and W. Mingjun, "Laplacian feature mapping based on 2d-kpca," *Computer Application Research*, vol. 34, no. 7, pp. 2212–2215, 2017.
17. S. Dong, H. Zhu, S. Zhong, K. Shi, and Y. Liu, "New study on fixed-time synchronization control of delayed inertial memristive neural networks," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 399, article 126035, 2021.
18. H. Yang, D. He, L. Fan, L. Yang, and L. Zhao, "One-sample face recognition based on bidirectional gradient center symmetric local binary mode," *Journal Of Computer-Aided Design and Computer Graphics*, vol. 29, no. 1, pp. 130–136, 2017.

19. Z. Akhtar and A. Rattani, "A face in any form: new challenges and opportunities for face recognition technology," *Computer*, vol. 50, no. 4, pp. 80–90, 2017.
20. Z. Lv and L. Qiao, "Optimization of collaborative resource allocation for mobile edge computing," *Computer Communications*, vol. 161, pp. 19–27, 2020.
21. Z. Lv, Y. Han, A. K. Singh, G. Manogaran, and H. Lv, "Trustworthiness in industrial iot systems based on artificial intelligence," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 99, 2020.
22. K. Bong, S. Choi, C. Kim, and H. J. Yoo, "Low-power convolutional neural network processor for a face-recognition system," *IEEE Micro*, vol. 37, no. 6, pp. 30–38, 2017.
23. C. Li, W. Wei, J. Li, and W. Song, "A cloud-based monitoring system via face recognition using Gabor and cs-lbp features," *Journal of Supercomputing*, vol. 73, no. 4, pp. 1532–1546, 2017.
24. Z. Cai and X. Zheng, "A private and efficient mechanism for data uploading in smart cyber-physical systems," *IEEE Transactions on Network Science & Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 766–775, 2018.
25. M. Zhou, H. Lin, S. S. Young, and J. Yu, "Hybrid sensing face detection and registration for low-light and unconstrained conditions," *Applied Optics*, vol. 57, no. 1, pp. 69–78, 2018.
26. Машталир, С. В., Мегель, Ю. Е., & Путятин, Е. П. 2004. Анализ изображений биологических объектов по бинарным сечениям. *Радиоэлектроника и информатика*.
27. Mashtalir, S., & Mikhnova, O. 2017. Detecting significant changes in image sequences. In *Multimedia Forensics and Security* pp. 161-191. Springer, Cham.
28. Le, T. H. N., Quach, K. G., Zhu, C., Duong, C. N., Luu, K., Savvides, M., & Center, C. B. 2017. Robust Hand Detection and Classification in Vehicles and in the Wild. In *CVPR Workshops* pp. 1203-1210.

29. Машталир, С. В., & Сакало, Е. С. Адаптивное нейросетевое сжатие сигналов большой размерности на основе взвешенного информационного критерия, 2008.
30. Егоров, А. С., & Машталир, С. В. Сравнительный анализ методов морфологической нормализации. Радиоэлектроника и информатика, 2005.
31. Машталир, С. В., & Столбовой, М. И. Адаптивные матричные модели в задаче контроля потоков видео. Радіоелектроніка, інформатика, управління, 2018.
32. Pitsikalis, V., Katsamanis, A., Theodorakis, S., & Maragos, P. Multimodal gesture recognition via multiple hypotheses rescoring. In *Gesture Recognition* pp. 467-496. Springer, Cham, 2017.
33. Ведмедь, А. Г., Машталир, С. В., & Сакало, Е. С. Восстановление изображений с использованием анализа главных и независимых компонент. Системи обробки інформації, 66-72, 2010.
34. Xi, C., Chen, J., Zhao, C., Pei, Q., & Liu, L. Real-time hand tracking using kinect. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Signal Processing* pp. 37-42, 2018.
35. Mashtalir, S., & Mikhnova, O. Detecting significant changes in image sequences. In *Multimedia Forensics and Security* pp. 161-191. Springer, Cham, 2017.
36. Машталир, С. В., Столбовой, М. И., & Яковлев, С. В., 2019. Кластеризация последовательностей видеоданных на основе гармонических ксредних. Кибернетика и системный анализ.
37. Машталир, С. В., Столбовой, М. И., & Яковлев, С. В., 2019. Кластеризация последовательностей видеоданных на основе гармонических ксредних. Кибернетика и системный анализ.
38. Богучарский, С. И., & Машталир, С. В. Модифицированный метод кластеризации X-средних в задачах сегментация изображений. Електротехнічні та комп'ютерні системи, 106-110, 2015.

39. Мантула, Е. В., & Машталир, С. В. Адаптивная полиномиальная нейросетевая прогнозирующая модель временных рядов и ее обучение. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2014.
40. Suresh, M., Sinha, A., & Aneesh, R. P. Real-Time Hand Gesture Recognition Using Deep Learning. International Journal of Innovations and Implementations in Engineering, 1, 2019
41. Богучарский, С. И., Каграманян, А. Г., & Машталир, С. В. Иерархическая агломеративная кластеризация изображений в больших базах данных. Системи обробки інформації, 93-97. 73, 2014.
42. Mashtalir, S., Mashtalir, V., & Stolbovyi, M. Representative based clustering of long multivariate sequences with different lengths. In 2018 IEEE second international conference on Data Stream Mining & Processing DSMP. IEEE, 2018.
43. Качур, С. А. Критерий управляемости систем на основе сетей Петри. Радиоэлектроника и информатика, 2006.
44. Богучарский, С. И., & Машталир, С. В. Кластеризация коллекций изображений в больших базах данных на основе рекуррентной оптимизации, 2014.
45. Le, T. H., & Vo, T. N. Face alignment using active shape model and support vector machine. arXiv preprint arXiv:1209.6151, 2012.
46. Ложников, П. С., Сулавко, А. Е., Еременко, А. В., & Волков, Д. А. 2016. Экспериментальная оценка надежности верификации подписи сетями квадратичных форм, нечеткими экстракторами и персептронами. Информационно-управляющие системы.