

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(позначення документа)

Дослідження методів візуалізації графічного контенту

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи СТМм-21-1
Ірина КРУГОВА

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка

(код і повна назва спеціальності)

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

Освітня програма Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Олександр СУПРУН

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Володимир КАРТАШОВ
(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 171 Електроніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма "Системи, технології і комп'ютерні засоби мультимедіа"

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Круговій Ірині Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів візуалізації графічного контенту

затверджена наказом по університету від " 21 " 11 2022 р. № 1503 СТ

2. Термін подання студентом роботи 08.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

1. Дослідити алгоритм зчитування маркера камерою пристрою та розпізнавання обличчя

2. Розробити елементи доповненої реальності

ва

3. Аналіз отриманих результатів, щодо використання програм для створення AR

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

ВСТУП

1. Алітичний огляд апаратних засобів, що реалізують імерсивні технології

2. Аналіз та обґрунтування методів та інструментів для створення доповненої реальності

3. Аналіз та обґрунтування алгоритму розпізнавання об'єктів в кадрі

4. Створення елементів доповненої реальності

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій:

1. Статистика використання маски за 1 годину;

2. Зовнішній вигляд маски;

3. Якість розпізнавання та статистика відкриття проекту на пристроях за 1 годину;

4. Зовнішній вигляд елемента доповненої реальності ARTIVIVE.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термин виконання етапів роботи	Примітка
1.	Алітичний огляд апаратних засобів, що реалізують імерсивні технології	21.11.22–28.11.22	
2.	Аналіз та обґрунтування методів та інструментів для створення доповненої реальності	21.11.22–28.11.22	
3.	Аналіз та обґрунтування алгоритму розпізнавання об'єктів в кадрі	23.11.22–02.12.22	
4.	Створення елементів доповненої реальності	01.12.21–05.12.22	
5.	Графічна частина роботи	07.12.21–08.12.22	
6.	Перевірка керівником	07.12.22-08.12.22	
7.	Перевірка на академічний плагіат	08.12.22-09.12.22	
8.	Перевірка завідувачем кафедри, рецензування	09.12.22-10.12.22	

Дата видачі завдання _____ 21.11.2022 р.

Студент _____  _____ Ірина КРУГОВА
(підпис)

Керівник роботи _____ _____ доц. Олександр СУПРУН
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи має: 73 с., 21 рис., 2 табл., 2 додатки, 49 джерел.

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ, МАРКЕР

Об'єкт дослідження – графічний контент.

Предмет дослідження – програмні засоби для створення та візуалізації графічного контенту.

Мета кваліфікаційної роботи – створити графічні елементи доповненої реальності з метою маркетингу та ентертейменту. Проаналізувати роботу двох додатків за критеріями імерсивного ефекту та його реалізації.

Методи дослідження – теоретичний аналіз, чисельні розрахунки, математичне моделювання, статистична обробка даних, геометричний аналіз антропогенних сцен.

У ході дослідження були проаналізовані різні алгоритми на яких базується розпізнавання об'єктів реального світу живої та неживої природи. Були використані різноманітні методи створення графічного контенту, за для виконання практичної мети роботи, а саме – розробки елементів AR.

В ході роботи було проаналізовано роботу двох платформ для створення елементів доповненої реальності. Аналіз вихідних результатів був сформований за визначеними критеріями та поданий у висновках роботи.

ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work has: 73 pages, 21 figures, 2 tables, 2 appendices, 49 sources.

VISUALIZATION, AUGMENTED REALITY, RECOGNITION
ALGORITHMS, MARKER

The object of research is graphic content.

The subject of research is software tools for creating and visualizing graphic content.

The purpose of the qualification work is to create graphic elements of augmented reality for the purpose of marketing and entertainment. Analyze the operation of two applications according to the criteria of the immersive effect and its implementation.

Research methods – theoretical analysis, numerical calculations, mathematical modeling, statistical data processing, geometric analysis of anthropogenic scenes.

In the course of the study, various algorithms based on the recognition of living and non-living objects in the real world were analyzed. Various methods of creating graphic content were used to fulfill the practical purpose of the work, namely, the development of AR elements.

In the course of the work, the work of two platforms for creating elements of augmented reality was analyzed. The analysis of the initial results was formed according to the defined criteria and presented in the conclusions of the work.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

3D - Тривимірний простір

AR – Augmented Reality. Доповнена реальність;

AR Core – один з AR SDK для операційної системи Android;

AR Kit – підвид AR SDK для операційної системи IOS;

AR SDK – AR Software Development Kit. Набір засобів розробки, що дозволяє інженерам програмного забезпечення створювати додатки для типічного програмного пакету доповненої реальності;

CGI - Computer Generated Image

COM – Concurrent Odometry and Mapping. Одночасна одометрія, що використовується в AR SDK AR Core;

IBM - International Business Machines

VFX - Visual effects

VIO – Visual-Inertial Odometry. Візуально-інерційна одометрія. Також є видом процесу знаходження координат та орієнтації пристрою завдяки перенесенню камери. Використовується в засобі розробки AR Kit;

АСКВ - Автоматизована система керування виробництвом

БЭСМ - Швидкодіюча електронно-лічильна машина

ГІС - Геоінформаційна система

КВМ - Координатно-вимірювальна машина

ПК - Персональний комп'ютер

ПК - персональний комп'ютер

САПР - Система автоматизированного проектирования

ТЗ - технічний засіб

ЧПК - Числове програмне керування

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
Вступ.....	9
1 Аналітичний огляд апаратних засобів, що реалізують імерсивні технології	10
1.1 Акселерометр.....	11
1.2 Гіроскоп.....	14
1.3 Магнітометр і навігаційна система	18
2 Аналіз та обґрунтування методів та інструментів для створення доповненої реальності.....	20
2.1 Інструменти для створення доповненої реальності.....	20
2.1.1 Аналіз основних бібліотек для роботи з доповненою реальністю	20
2.1.2 Аналіз засобів розробки для різних операційних систем	21
2.1.3 Аналіз одометрії та системи відстеження орієнтації	24
2.2 Аналіз методів доповненої реальності.....	26
2.2.1 Методи забезпечення тривимірної візуалізації в доповненій реальності.....	27
2.2.2 Метод реперних точок. Маркерна технологія.....	27
2.2.3 Графічні маркери, процес виявлення маркерів у кадрі.....	28
2.2.4 Метод зіставлення з шаблонними зображеннями	30
3 Аналіз та обґрунтування алгоритму розпізнавання об'єктів в кадрі.....	32
3.1 Розпізнавання осіб машиною.....	32
3.2 Аналіз моделі деформованого еталона	36
3.3 Аналіз моделі активного контуру.....	38
3.4 Аналіз та обґрунтування вибору засобів розпізнавання графічних маркерів	39

3.5 Аналіз та обґрунтування вибору засобів розпізнавання обличчя на платформі за для позиціонування маски	42
4 Створення елементів доповненої реальності	48
4.1 Виготовлення елемента доповненої реальності за маркерною технологією за допомогою додатку доповненої реальності.....	48
4.2 Створення елемента доповненої реальності – маски на платформі доповненої реальності	55
Висновки	63
Перелік посилань.....	66
Додатки.....	74
Додаток А.....	75
Додаток Б	79

ВСТУП

Сучасний світ неможливо уявити без постійного обміну медіа та інформацією. У потоці знань важливо виділити суттєве й змусити мозок зберегти цю інформацію. Необхідно також забезпечити інформацією сенсорну систему людини для підтримки швидкості сприйняття.

Візуалізація проблеми. Візуалізація – техніка створення мультимедійного контенту (інформаційного контенту). З самого початку людського існування це був ефективний спосіб передачі абстрактних і конкретних ідей.

Дослідження в галузі психології та статистики виявили, що асоціації про форму та колір економлять нам багато часу, оскільки мозок обробляє їх автоматично. Відомо також, що цікаві та емоційно яскраві речі легше запам'ятовуються. Ці результати показують, чому візуалізація інформації та використання графічного контенту рідко зустрічаються в житті людини сьогодні.

Візуалізація графічного вмісту може бути корисною в різних сферах, таких як: наукові дослідження, розповсюдження медіа чи інформаційного контенту, виробництво та маркетинг, освіта та навіть медицина. Там вони виконують різні функції, але мають однакові засоби досягнення мети.

Але сучасні люди вже звикли взаємодіяти з графічним контентом на плоскому екрані. Сьогодні кожен член суспільства, який може проникнути в технології, має досвід використання систем візуалізації в повсякденному житті. Тож вони почали використовувати «іншу нерухомість», оскільки їх цікавить майбутня оцінка (продукт, знання, публічна інформація тощо).

У нашій роботі ми розглянемо сучасні алгоритми візуалізації графічного контенту на прикладі доповненої реальності (AR) і опишемо ефект від різних методів реалізації імерсивної технології.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ, ЩО РЕАЛІЗУЮТЬ ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Доповнена реальність поширюється по всьому світу завдяки збільшенню кількості гаджетів в руках споживачів. Смартфони та планшети – це пристрої повсякденного життя, які створюють потребу в масовому виробництві. Коли продукт формує масовий ринок, це призводить до збільшення кількості апаратних інновацій і зниження вартості матеріалів. Таким чином, відносно низька ціна продукту дає можливість практично кожному використовувати AR-технологію у своєму житті.

Щоб реалізувати AR-технологію з мінімальними витратами, потрібні ті ж компоненти, що є в смартфонах і планшетах: гіроскоп, акселерометр і камери високої роздільної здатності. Ці датчики працюють одночасно, щоб покращити продуктивність і зменшити помилки вимірювання (рис.1.1).

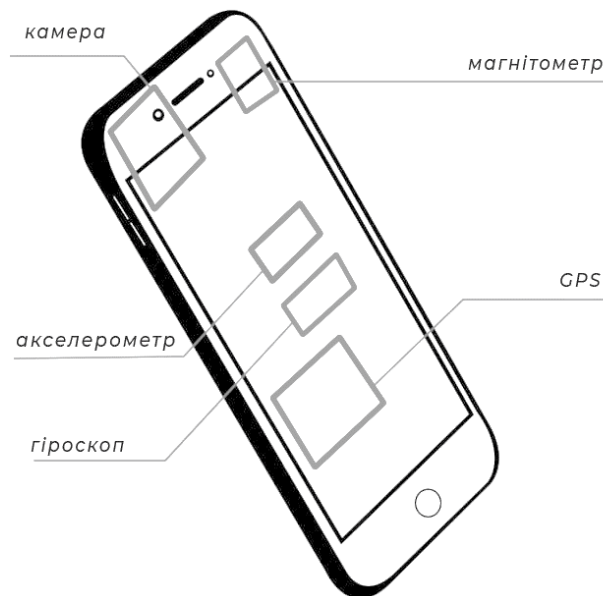


Рисунок 1.1 – Розташування елементів реалізації AR у смартфоні

AR найлегше створити за допомогою передньої та задньої камер смартфона чи планшета. Екран може відображати цифрові об'єкти та інформацію, інтегровану в реальний світ.

Для спостереження за рухом використовується камера і два важливих датчика - акселерометр і гіроскоп, структурна схема сайтів показана на (рис. 1.1). Камера забезпечить живу трансляцію реального світу з накладанням AR-контенту. Окрім самої камери, телефони з доповненою реальністю (на Android та iOS), інші технології, такі як машини, складна обробка зображень і екран комп'ютера для відкриття зображень високої яскравості та великих карт AR.

1.1 Акселерометр

Акселерометр — це пристрій, який вимірює проекцію видимого прискорення (різниця між фактичним прискоренням об'єкта та прискоренням сили тяжіння). Акселерометр, як правило, являє собою чутливу масу, закріплену на пружній підвісці. Відхилення маси від початкового положення при уявному прискоренні містить інформацію про величину цього прискорення (рис. 1.2).

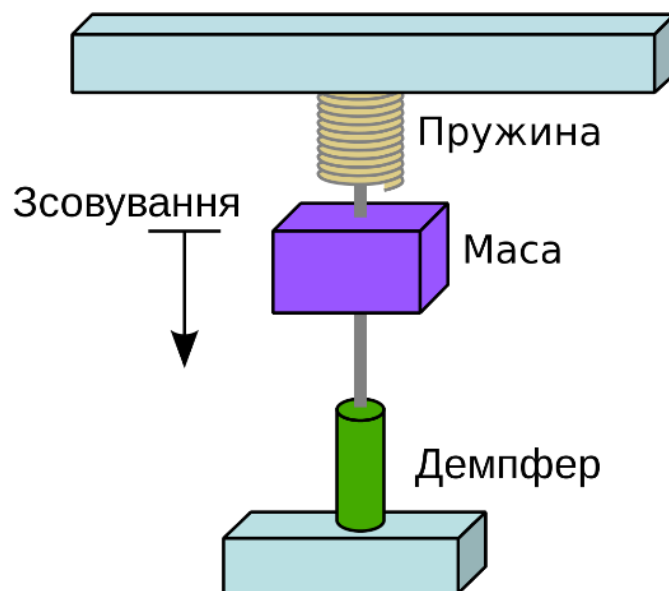


Рисунок 1.2 – Структурна схема найпростішого акселерометру

У мобільному пристрої цей пристрій відстежує зміну швидкості руху пристрою та його обертання навколо своєї осі.

Акселерометр складається з пружини, рухомої маси і амортизатора. Пружина прикріплена до нерухомої поверхні, а маса прикріплена до пружини. З іншого боку, він підтримується амортизатором, який зменшує власні вібрації вантажу. При розгоні маси пружина деформується. Значення пристрою базуються на цих штамах. Якщо створити «масив» із трьох таких одиниць, які будуть орієнтовані по осях, то можна отримати інформацію про положення об'єкта в тривимірному просторі, як показано на (рис. 1.3).

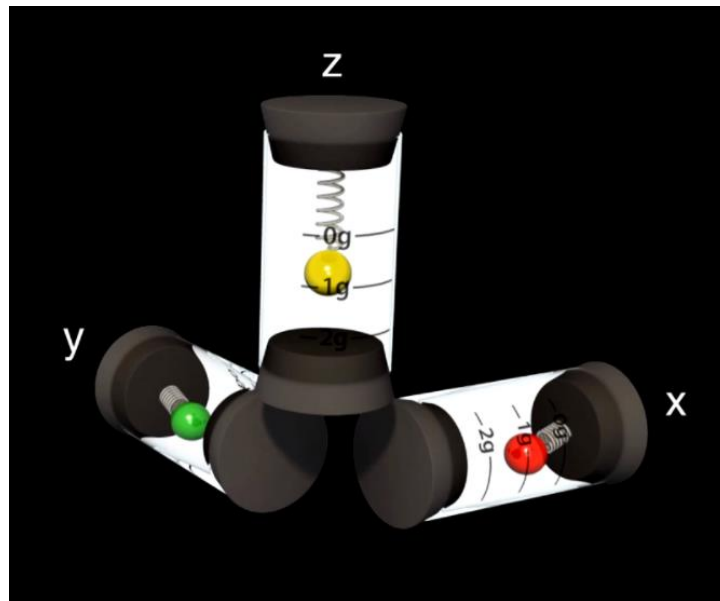


Рисунок 1.3 – Уявна модель роботи акселерометру за трьома осями

Якщо об'єкт, у якому встановлено акселерометр, вірить, нахилиється або обертається, інертна речовина m з інтенсивністю та силою нахилу, обертання чи удару радіусом деформації пружини сердиться Після цього вага повернеться. у вихідне положення за допомогою пружини. Спеціальний датчик реєструє рівень руху інертної маси з положенням спокою. Потім він перетворюється на електричний сигнал і передає його в електрику. Завдяки отриманим даним програма може «прорахувати» зміни фізичного розташування локації локації.

При використанні акселерометра в смартфоні всі його елементи знаходяться в чіпі.

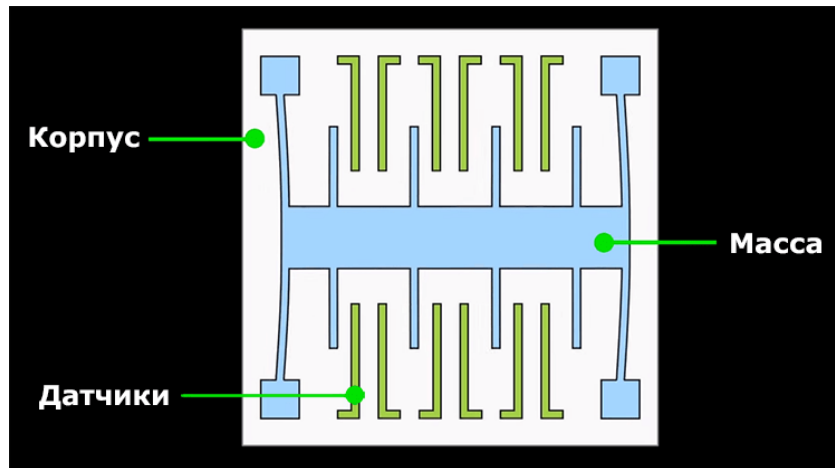


Рисунок 1.4 – Схема акселерометру, що використовується у смартфонах

Перегородка з кутовими провідниками VVK для фіксації на стаціонарній розетці. Ці контакти розміщені між контактами, які збирають дані. Під час руху Провіників інтенсивність Перілонтактового поля зменшується, що служить індикатором Прогресу.

Завдяки акселерометру (рис. 1.5) перевіряється положення зображення на моніторі мобільного пристрою та контролюється його орієнтація відносно напрямку прискорення земного тяжіння.

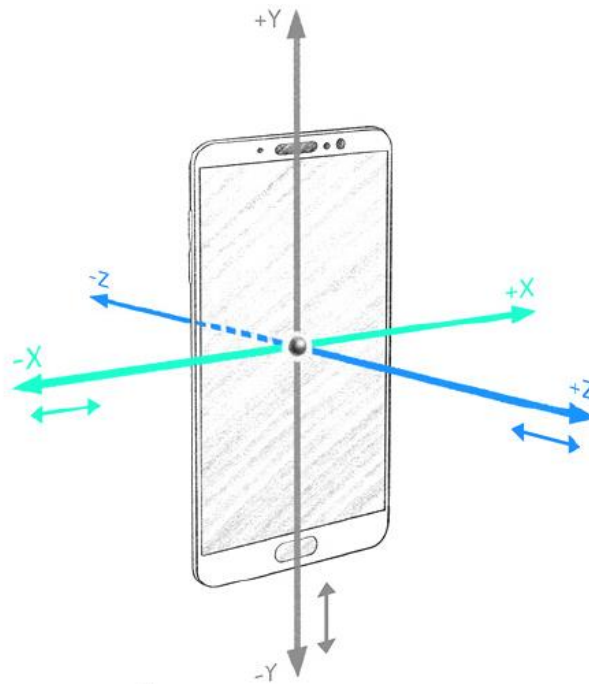


Рисунок 1.5 – Акселерометр. Умовне зображення виконуваних функцій

1.2 Гіроскоп

Щоб мати можливість описати роботу приладу, який використовується спільно з акселерометром, необхідно мати уявлення про принцип дії сили Коріоліса.

Сила Коріоліса розглядається як фіктивна сила, яка виникає, коли об'єкт починає рухатися в обертовому відліку (навколо певної осі). У нашому випадку це починається, коли смартфон починає рухатися в просторі (найменші ривки, обертання навколо уявної осі смартфона і т.д.).

Розглянемо еталонний «диск», що обертається навколо перпендикулярної осі, що проходить через центр системи з кутовою швидкістю. Кутову швидкість можна розглядати як псевдовектор, орієнтований вздовж осі обертання за правилом буріння. У першому випадку, як показано на (рис. 1.6), вектор ω спрямований «на нашу сторону».

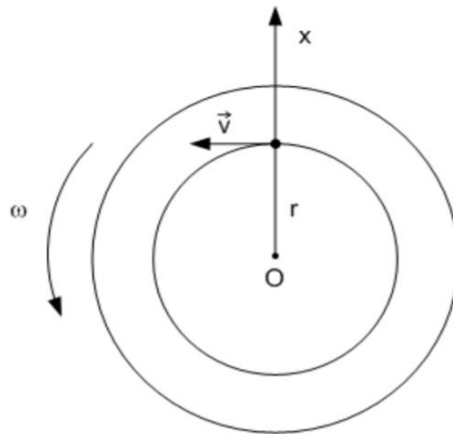


Рисунок 1.6 – Система відліку «диск» нерухомий

Куля (тіло) масою m рухається по колу радіуса r зі швидкістю v' відносно диска.

Якщо швидкість кульки відносно Землі внаслідок обертання диска дорівнює u , то повна швидкість відносно Землі дорівнює $(v + u)$, оскільки напрямки швидкостей v і u збігаються. Таким чином, в інерціальній системі відліку «Земля» доцентрове прискорення дорівнює:

$$a = \frac{(v + u)^2}{r} = \frac{v^2 + 2vu + u^2}{r} = \frac{v^2}{r} + \frac{2vu}{r} + \frac{u^2}{r} = \frac{v^2}{r} + 2 \cdot v \cdot \omega + \frac{u^2}{r} \quad \#(1.1)$$

В інерційній системі відліку «Земля» за законом Ньютона:

$$F = m \cdot a \quad \#(1.2)$$

Де F також є сумою усіх сил, що діють на тіло:

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} + 2 \cdot m \cdot v \cdot \omega + \frac{m \cdot u^2}{r} \quad \#(1.3)$$

Свідчить про те, що сил інерції не має.

У той же час в системі відліку «диск»:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = F - \left(2 \cdot m \cdot v \cdot \omega + \frac{m \cdot u^2}{r} \right) \quad \#(1.4)$$

Якщо вводимо сили відцентрову та коріолісову:

$$F_{\text{відцентр.}} = -\frac{m \cdot u^2}{r} \quad \#(1.5)$$

$$F_{\text{кор.}} = -2 \cdot m \cdot v \cdot \omega \quad \#(1.6)$$

То формулу (4) можна записати як:

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = F + F_{\text{відцентр.}} + F_{\text{кор.}} \quad \#(1.7)$$

Це означає, що в неінерціальних системах відліку закон Ньютона можна використовувати для опису руху тіла лише в тому випадку, якщо сили інерції вважати рівними силі Ньютона.

Змоделюємо ситуацію, коли тіло масою m рухається без тертя вздовж радіуса зі швидкістю v у напрямку до центра диска. При обертанні диска з кутовою швидкістю ω траєкторія руху тіла дорівнює OB .

Для спостерігача на диску кулька поводить ся так, ніби на неї діє сила, перпендикулярна швидкості. Але якщо спостерігач прив'язаний до системи відліку «Земля», то тіло, як і раніше, рухається за нього прямолінійно.

Якщо диск нерухомий, сила тяжіння і сила опору, що діють на тіло, урівноважені, і тіло рухається рівномірно прямолінійно, як показано на (рис. 1.7).

Розглянемо малий інтервал часу Δt . Можна припустити, що протягом цього часу тіло відчуває на собі дію постійної сили Коріоліса, яка повідомляє йому постійне прискорення.

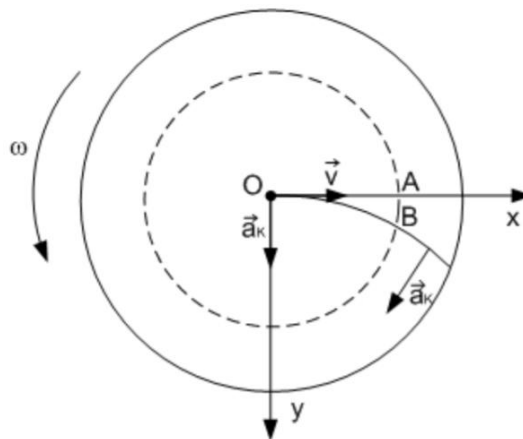


Рисунок 1.7 - Система відліку «диск» рухомий

Задача буде виконана перед задачею про рух тіла, яке кинули горизонтально. Дугу AB з малим Δt можна вважати прямою. Виберемо осі координат так із програми на рис.1.7. Тоді кінематичні рівняння руху тіла:

$$x = v \cdot t \quad \#(1.8)$$

$$y = \frac{a_k \cdot t^2}{2} \quad \#(1.9)$$

При $t = \Delta t$, $x = r$, $y = AB$. Тому можна записати:

$$r = v \cdot \Delta t \quad \#(1.10)$$

$$AB = \frac{a_k \cdot \Delta t^2}{2} \quad \#(1.11)$$

Тоді:

$$a_k = \frac{2 \cdot AB}{\Delta t^2} \quad \#(1.12)$$

Але

$$AB = u \cdot \Delta t = \omega \cdot r \cdot \Delta t = \omega \cdot v \cdot \Delta t^2 \quad \#(1.13)$$

Тоді отримаємо прискорення для сили Коріоліса:

$$a_k = 2 \cdot \omega \cdot v \quad \#(1.14)$$

Та сила Коріоліса відповідно: [2,3]

$$F_{\text{кор.}} = -2 \cdot m \cdot v \cdot \omega \quad \#(1.15)$$

Так, у гіроскопі (рис. 1.8) дуже важливо обчислити вихідні дані для програм програмування вимкнення осьового обладнання та коригування положення акселерометра по осях під час векторного прискорення. Перетворення відбувається за рахунок дії на резонатор сил інерції Коріоліса при обертанні резонатора з передатною кутовою швидкістю, вектор якої перпендикулярний вектору миттєвої швидкості інерційної маси резонатора.

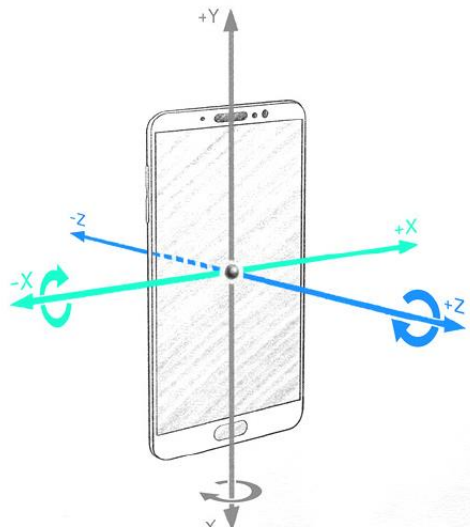


Рисунок 1.8 - Гіроскоп. Умовне зображення виконуваних функцій

Завдяки цьому у мікрогіроскопі, вбудованому в смартфон, енергія вимушених (первинних) коливань інерційної маси на пружному підвісі (резонаторі) при виникненні переносної кутової швидкості трансформується в енергію вторинних коливань, що містять інформацію. навколо вимірної кутової швидкості [4].

Тому, коли гаджет починає тремтіти, нахилитися або обертатися, гіроскоп обчислює кут нахилу і різницю в зміні від попередньої точки відліку. Це допомагає акселерометру ще краще орієнтувати ваш смартфон у просторі та робити це з більшою швидкістю, ніж показано на зображенні.

1.3 Магнітометр і навігаційна система

Функції позиціонування забезпечують навігаційна система і спеціальний датчик магнітометра.

Магнітометр дає смартфонам просту орієнтацію, пов'язану з магнітним полем Землі. Завдяки магнітометру ваш телефон завжди знає, де знаходиться північ, дозволяючи йому автоматично обертати цифрові карти на основі вашої фізичної орієнтації. Цей пристрій необхідний для додатків доповненої реальності на основі визначення місця розташування.

Принцип дії магнітометра заснований на ефекті Холла, при якому різниця потенціалів виникає, коли струм протікає по різних краях зразка, поміщеного в поперечне магнітне поле.

GPS — це глобальна навігаційна супутникова система, яка, у свою чергу, надає GPS-приймачу інформацію про геолокацію та час. Цей пристрій дозволяє створювати додатки на основі місцезнаходження за допомогою доповненої реальності.

2 АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

2.1 Інструменти для створення доповненої реальності

Дійсно, для відображення будь-якого мультимедійного контенту недостатньо просто додати на сцену, наприклад, тривимірний об'єкт. Він повинен відповідати фізичним законам сцени: глибині кадру, що спостерігається, розпізнаванню інших об'єктів з точки зору камери, розумінню їх висоти та ширини, розпізнаванню горизонталей і вертикалей, на яких буде розміщено віртуальний вміст. розміщені, не перекривайте їх - все це зроблено для реалістичності і щоб не порушувалося головне правило доповненої реальності - ефект занурення.

Для реалізації виявлення, розпізнавання та моніторингу існує кілька інструментів розробки, які дозволяють створювати програми для роботи з доповненою реальністю.

AR SDK — це інструменти, які представляють собою набір бібліотек і документації, які дозволяють розробляти програмне забезпечення, апаратні платформи, ігрові системи та інші платформи.

2.1.1 Аналіз основних бібліотек для роботи з доповненою реальністю

ARTool Kit — це набір бібліотек з відкритим кодом. Основними функціями, які він виконує, є розпізнавання 2D-формату, рендеринг додатків через Open GL, який є документом, який описує різні функції та їх поведінку під час роботи з комп'ютерною графікою. ARTool Kit призначений для розпізнавання маркерів з камери смартфона та відображення цих маркерів у просторі. Цей процес надає дані для реалізації інтерфейсу доповненої реальності. ARToolKit використовує комп'ютерне бачення та алгоритми керування відео в реальному часі для розрахунку положення та орієнтації камери відносно фізичних орієнтирів.

Kudan AR, з іншого боку, працює для відстеження об'єктів без маркерів, що використовує не опорні точки (маркери) для позиціонування, а фізичні властивості об'єкта – кут, текстур, шви на текстурах, криві тощо. Бібліотека також може розпізнавати зображення і, при необхідності, швидко працювати з багатополігональними моделями, при цьому можливе використання поширених форматів 3D графічних об'єктів. Прямий доступ до Open GL недоступний.

Vuforia — це комплексний інструмент розробки, оскільки він може одночасно розпізнавати кілька цілей, наприклад текст і зображення. Він також може сканувати реальний об'єкт для подальшої обробки та відображати відповідно 2D та 3D формати. Додатком можна дозволити використовувати дані не лише з оперативної пам'яті пристрою, а й із хмарного сховища. Завдяки технології Extended Tracking ціль може продовжувати відображатися на смартфоні, навіть якщо вона поза полем зору або заблокована іншим об'єктом у реальному світі. Технологія SmartTerrain™ дозволяє перепроєктувати існуючий ландшафт і створити інтерактивні елементи, створивши його 3D-карту. Прямий доступ до Open GL.

2.1.2 Аналіз засобів розробки для різних операційних систем

Незважаючи на велику кількість SDK для доповненої реальності, у цьому «курсі озброєння» все ще змагаються два гіганти: ARKit від Apple і AR Core від Google.

Статистичні дані (рис. 2.1, рис. 2.2) підтверджують формування J-подібної кривої в розгортанні технологій AR, що свідчить про те, що з 2017 року не потрібно збільшувати встановлення додатків доповненої реальності на мобільних пристроях. Платформи SDK також знаходяться на підйомі, і процентна шкала не відхиляється від траєкторії. Зазначимо, що за відсотком користувачів розробників доповненої реальності на IOS більше, ніж на Android.

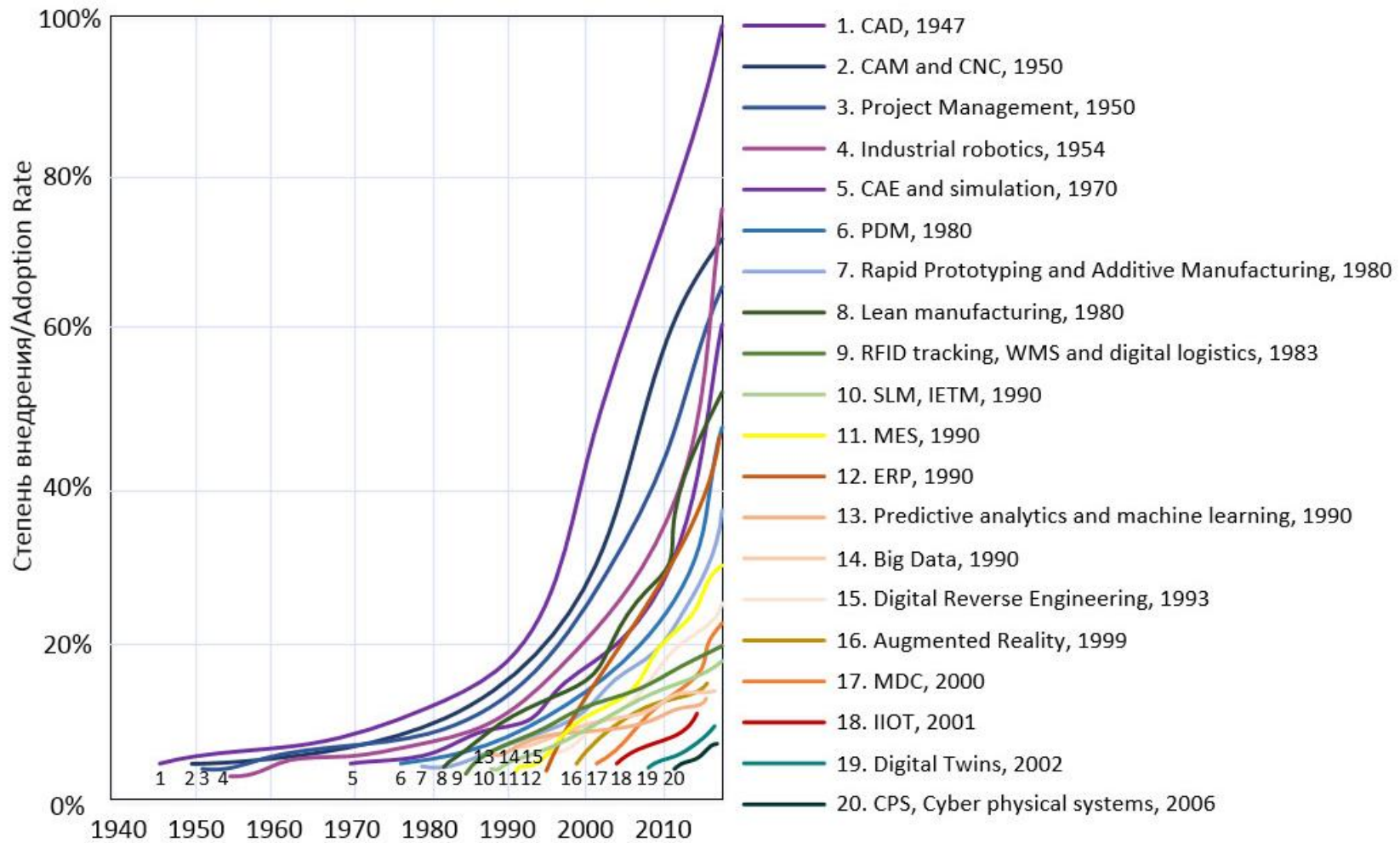


Рисунок 2.1 – Графік дифузії промислових технологій за 70 років

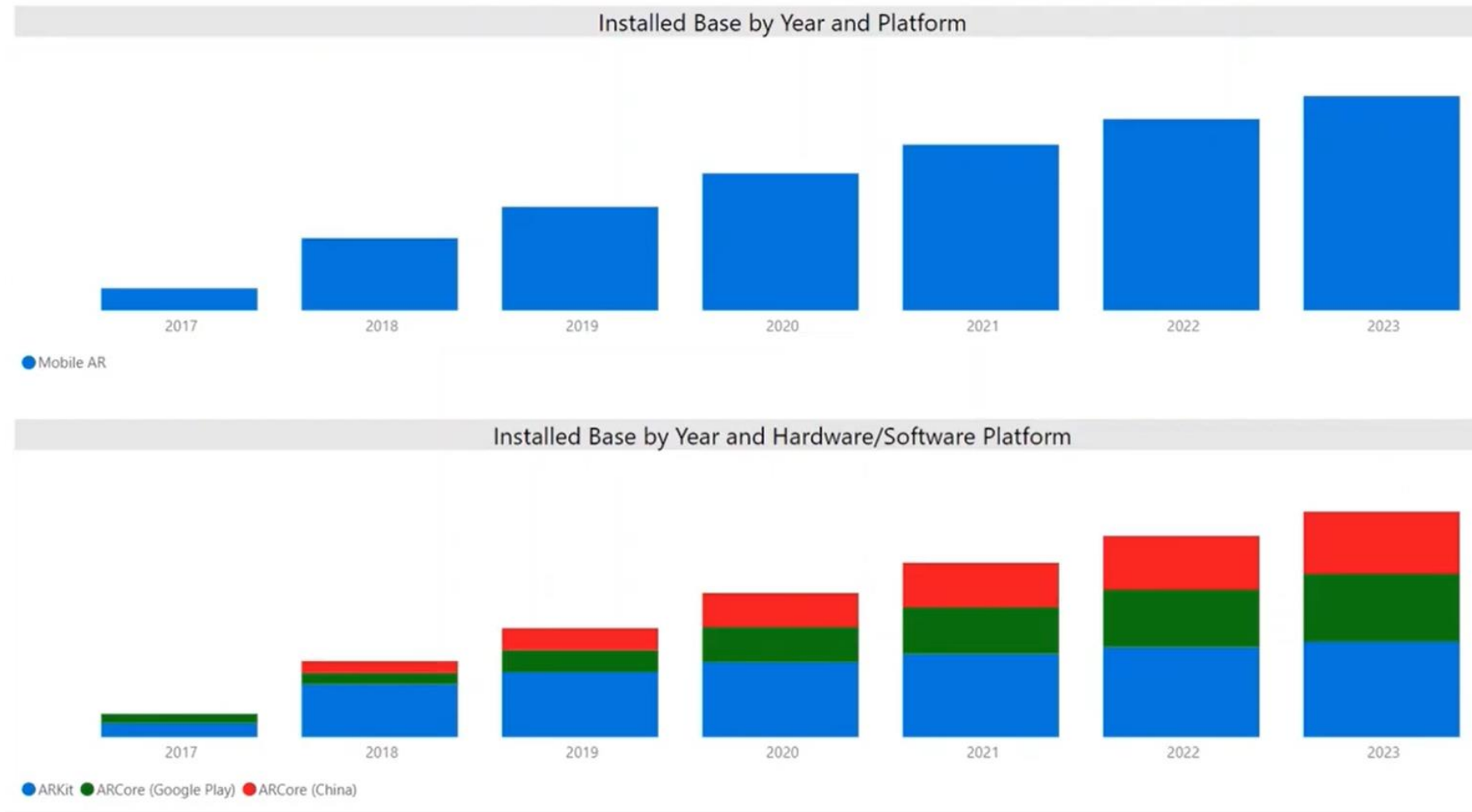


Рисунок 2.2 – Графік завантаження компаній AR SDK, Digi-Capital, за 2020 рік

ARKit — це фреймворк, який дозволяє створювати доповнену реальність у додатках IOS.

Реалізує карти глибинного зондування та можливість завантажувати існуючі карти місцевості з хмарного сховища для позиціонування об'єкта доповненої реальності лише на основі координат розташування, знайдених смартфоном, а не під час розпізнавання зображення.

Також в арсеналі доступні функції та можливості:

- Розпізнавання та відстеження 2D зображень;
- Розпізнавання та розміщення 3D об'єктів;
- Відстеження обличчя;
- Виявлення віртуальних площин позиціонування контенту (горизонтальних і вертикальних);
- Розрахунок і збереження масштабу об'єкта;
- Швидка обробка та візуалізація даних;

AR Core схожий на попередній AR SDK, який вирішує наступні завдання:

- Відстеження положення гаджета в реальному світі;
- Розпізнавання та розрахунок розмірних площин для позиціонування віртуальних об'єктів (горизонтальних, вертикальних, кутових);
- Розрахунок навколишнього освітлення;

Ці інструменти розробки доповненої реальності використовують методи одометрії, а саме технологію паралельної одометрії та відображення (COM) в AR Core та візуально-інерціальну одометрію (VIO) в ARKit.

2.1.3 Аналіз одометрії та системи відстеження орієнтації

Одометрія — це процес визначення координат і орієнтації пристрою за допомогою переміщеної камери, яка, таким чином, переміщує функції до

наступних обчислень процесором і видає результат на вихід — вимірювання глибини середовища.

Існує початковий алгоритм цього процесу:

- На вході процесу кілька вхідних зображень, зроблених камерою пристрою.

- Виконується аналіз та корекція зображення, де перевіряється техніка обробки зображення усунення порінь криш

- далі Процес ідентифікації елемента: item Для забезпечення узгодженості використовується кореляція ϵ двох $z:ou1$

- Наступним кроком є перевірка наявності векторів оптичного потоку в мережі, при виявленні помилок крок розширюється налагодженням та усуненням помилок.

- остаточне визначення руху камери за оптичним потоком, для чого налаштований калфільтр!

Основна відмінність між VIO і COM полягає в двох речах:

По-перше, VIO вимагає інтеграції датчиків на обладнанні, включаючи камери та гікори. Камера робить знімки, потім гіроскоп генерує прискорення та кутову швидкість. Камера відносно точна, але працює вільно. Якщо початкове прискорення гіроскопа інтегрувати разом, він буде рухатися за короткий час (у шаховому порядку). Однак частота гіроскопа дуже висока, і на мобільних телефонах вона становить 200G.

По-друге, VIO реалізує більш складний і ефективний фільтр Калмана, такий як Multi-State-Constraint-Kalman-Filter (MSCKF), який фокусується на швидкому відстеженні орієнтації без підтримки глобальної карти. Він також не виконує глобальне налаштування (пакет конфігурації) для карт у COM на основі ключових кадрів.

2.2 Аналіз методів доповненої реальності

Веб-доповнена реальність по суті дозволяє користувачам запускати спеціалізовану камеру, яка може виявляти та відображати об'єкти AR, просто переходячи за веб-посиланнями. Завдяки веб-доповненій реальності користувачам не потрібно завантажувати додаткові програми, щоб просто побачити доповнену реальність у дії.

Для багатьох завдань такого характеру існує також велика кількість додаткових бібліотек

AR.JS – бібліотека для створення ефектної веб-технології Надіслано
nastroternal

Відстеження зображень. Процес, коли камера показує вам 2D-зображення, після чого ви можете переглядати будь-який вміст. Крім того, контентом можуть бути 2D-зображення, GIF-файли, 3D-моделі (також анімовані) і 2D-відео.

Геолокація доповненої реальності. Цей режим перегляду доповненої реальності використовує `msc` `geni` для відображення вмісту доповненої реальності на `Designee`. Використовуючи цю бібліотеку, ви можете створювати досвід на основі позиції користувача в реальному світі. Користувач може ходити (в ідеалі на відкритому повітрі) і через смартфон бачити контент доповненої реальності там, де є місце в реальному світі. Переміщення та обертання телефону спричиняє зміну вмісту AR залежно від позиції та обертання користувача (тому місця «заблоковані» у своєму фактичному стані та виглядають більшими/тоншими відносно свого розташування відносно користувача). За допомогою цього рішення ви можете створити такий досвід, як інтерактивний підхід для відвідувачів, допомогти досліджувати нове місто, знаходити цікаві місця, такі як будівлі, музеї, ресторани, готелі тощо

Відстеження маркерів. Коли камера виявляє маркер, може відобразитися певний вміст (як у відстеженні). Маркери дуже стійкі, але

обмежені за формою, кольором і розміром. Рекомендується для слів, де потрібно багато різних маркерів.

2.2.1 Методи забезпечення тривимірної візуалізації в доповненій реальності

Однією з головних проблем технології занурення є проблема *Wizalzac* у реальному просторі. Щоб підтримувати гармонію між віртуальним і реальним світами, ця графіка повинна гармоніювати з реальними об'єктами в усьому світі, бути реалістичною, не порушувати закони фізики та природи. Для досягнення позитивного робочого результату деякі програми AR повинні мати точну інформацію про положення об'єкта, що дає змогу накладати, наприклад, 3D-текст як посилання на інший мультимедійний контент тощо.

Останнім часом алгоритми відстеження об'єктів і визначення просторового положення стали невід'ємною частиною робототехніки. У таких системах спочатку в базі даних є ряд об'єктів, які повинна розпізнати мобільна камера *Egistra*. Якщо один із об'єктів у базі даних, додаток, знятий камерою, розпізнається, відбувається процес відстеження його координат, обчислення глибини середовища, як зазначено вище, і 1 об'єкт віртуальної реальності може бути локалізований..

2.2.2 Метод реперних точок. Маркерна технологія

У літературі описано багато підходів до локалізації – порівняння локальних координат об'єкта з його положенням у реальному світі. Одним із цих методів є використання крапок і «еталонних» або еталонних об'єктів, наприклад світлодіодів, маркерів, кольорових крапок і пластиліну – дуже часто все це об'єднується в концептуальні маркери (рис. 2.3).

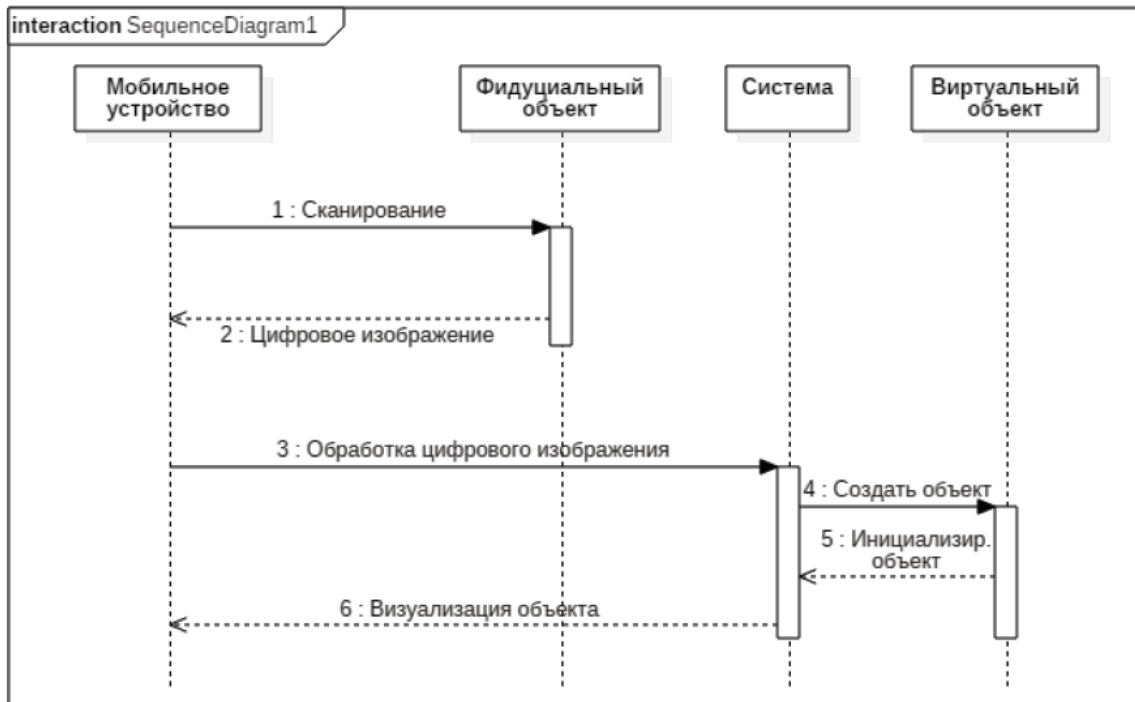


Рисунок 2.3 – Діаграма послідовності тривимірної візуалізації за допомогою методу реперних точок

Система, знаючи розташування «опорних» точок в реальному світі, використовує обробку зображення для отримання правильного розташування та візуалізації віртуального об'єкта на зображенні. Однак, щоб уникнути порушень у візуалізації об'єктів, точки «орієнтирів» або орієнтирів завжди повинні знаходитися в полі зору [7].

2.2.3 Графічні маркери, процес виявлення маркерів у кадрі

Маркер – це фізичний (невіртуальний) об'єкт, розташований у навколишньому просторі, який розпізнається та аналізується за допомогою спеціально реалізованих алгоритмів і служить для візуалізації попередньо визначених віртуальних моделей. Маркером може бути будь-який об'єкт або його частина, але частіше в якості маркера використовується спеціальне зображення, надруковане на папері, щоб алгоритми комп'ютерного зору

могли його однозначно і однозначно розпізнати. Цей тип стеження можливий лише в межах прямої видимості маркера.

Різні типи створення та розпізнавання маркерів призвели до появи різних технологій пошуку. Основними з них є: алгоритми генетичного пошуку та методи виявлення ознак.

Генетичні алгоритми використовуються для пошуку певного об'єкта в статичному зображенні або відеопотоці шляхом попереднього навчання алгоритму на великій кількості справжніх і помилкових зображень. Такий алгоритм може бути застосований до розглянутої задачі, оскільки його використання одразу вирішує проблему поганого розпізнавання об'єкта, наприклад, при перегляді виставки відвідувачем з різних ракурсів.

Група методів, заснованих на виявленні ознак, використовує об'єкти реального світу або їх частину як маркери. Ці методи включають розпізнавання країв, опорні точки або пошук шаблону. Ці та інші методи можна використовувати для розпізнавання зображень або спеціальних об'єктів - маркерів, заздалегідь підготовлених і розташованих в місці перегляду об'єктів доповненої реальності.

Як уже зазначалося, виявлення та розпізнавання маркерів відбувається в режимі реального часу. Процес виявлення повертає список виявлених маркерів. Кожен ідентифікований маркер включає:

- положення його чотирьох кутів на зображенні
- ідентифікатор маркера

Процес виявлення маркера складається з двох основних етапів:

- Ідентифікація маркерів-кандидатів. На цьому етапі зображення аналізуються, щоб знайти квадратні форми, які є маркерами-кандидатами. Цей процес починається з адаптивного порогового значення для сегментації маркера, потім із порогового зображення виділяються краї. Фігури, опуклі або не наближені до квадрата, відкидаються.
- Після ідентифікації кандидата треба визначити, чи справді це маркери. Це перевіряється шляхом аналізу їх внутрішнього кодування. Цей крок

починається з вилучення бітів маркера з кожного маркера. Для цього спочатку застосовується перспективне перетворення, щоб отримати маркер у його канонічній формі. Потім канонічне зображення обмежується для розділення білих і чорних бітів. Зображення розділено на різні комірки відповідно до розміру маркера та розміру рамки. Кількість чорних або білих пікселів у кожній комірці підраховується, щоб визначити, білий чи чорний біт. Потім біти аналізуються, щоб визначити, чи належить лексема до певного словника.

– Технологія на основі спеціальних маркерів, або міток, практична, оскільки вони легше розпізнаються камерою та дають їй більш жорстку фіксацію на місці для віртуальної моделі. Ця технологія набагато надійніша за «безмаркерну» і працює майже без збоїв.

2.2.4 Метод зіставлення з шаблонними зображеннями

Інший метод тривимірної візуалізації об'єктів в реальному світі - це зіставлення з шаблонами (рис. 2.4).

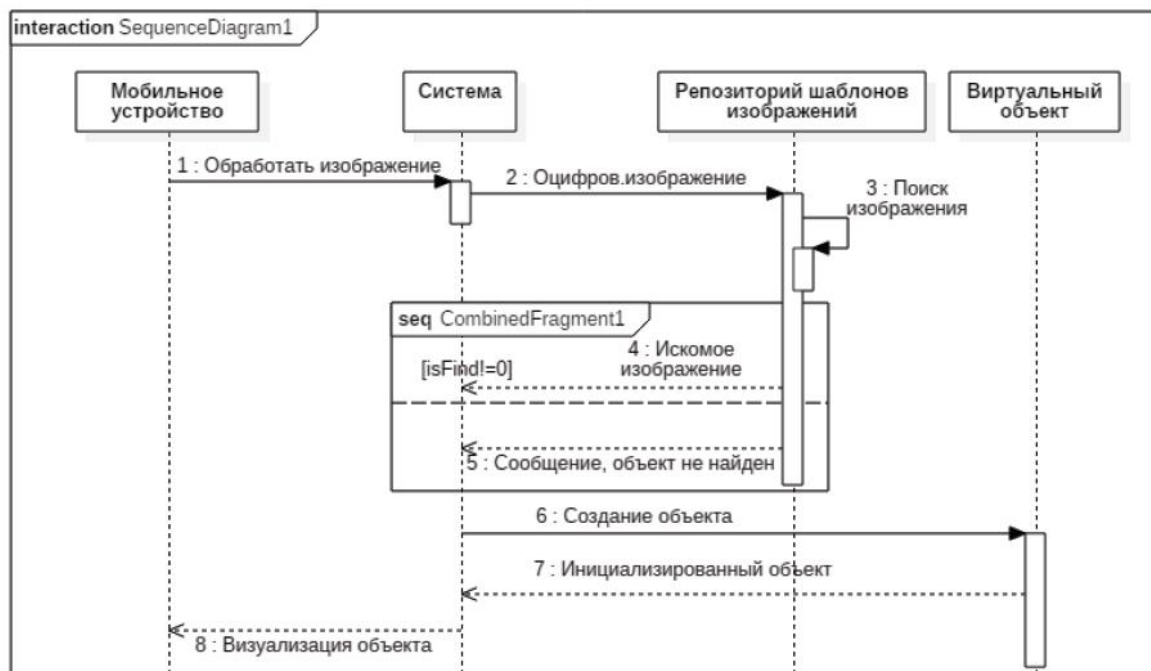


Рисунок 2.4 - Діаграма послідовності тривимірної візуалізації за допомогою методу зіставлення з шаблонами

Система приймає модельні зображення реального об'єкта, які використовуються для перегляду з різних точок зору. Після того, як камера зробить зображення, система шукає об'єкт на зображенні за отриманими шаблонами.

Обидва ці підходи вимагають калібрування камери, яка визначає внутрішні параметри камери, які, у свою чергу, впливають на зображення. Ці параметри надають лише інформацію про розміщення камери в просторі: фокусна відстань, кут нахилу пікселя, головна точка, масштабні коефіцієнти, коефіцієнти спотворення об'єктива тощо.

3 АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В КАДРІ

Метою того кваліфікаційної роботи є створення графічного елемента доповненої реальності для маркетингових і рекламних цілей. Дослідити можливість добавки за критеріями її іммерсивного ефекту та реакції.

Розгляньте добавки, які реалізують технології занурення, тому що, як уже згадувалося, ефект резервного копіювання ваших нових вражень і споживач стає більш зацікавленим у продукті.

3.1 Розпізнавання осіб машиною

Задача ідентифікації та розпізнавання людей є однією з найбільш ранніх практичних задач, яка стимулювала становлення та розвиток теорії розпізнавання та ідентифікації об'єктів. Є дев'ять категорій об'єктів, які відповідають гностичним сферам і викликають візуальні образи:

- 1) об'єкти, якими можна маніпулювати;
- 2) об'єкти, якими можна частково маніпулювати;
- 3) предмети, якими не можна маніпулювати;
- 4) фізичні особи;
- 5) міміка;
- 6) живі істоти;
- 7) друковані знаки;
- 8) рукописні зображення;
- 9) характеристики та розташування джерел світла.

Інтерес до процедур, що лежать в основі процесу ідентифікації та розпізнавання людей, завжди був значним, особливо у зв'язку зі зростаючими практичними потребами: системи безпеки, верифікація, судово-медична експертиза, телеконференції та комп'ютеризація всього, що це оточує. Незважаючи на ясність життєво важливого факту, що люди добре вміють

ідентифікувати обличчя людей, зовсім неочевидно, як навчити комп'ютер виконувати цю процедуру, зокрема як декодувати та зберігати цифрові зображення облич. Ще менш чіткими є оцінки схожості людей, у тому числі їх комплексного ставлення. Можна виділити декілька напрямків дослідження проблеми розпізнавання облич:

- 1) нейропсихологічні моделі;
- 2) нейрофізіологічні моделі;
- 3) інформаційно-процедурні моделі;
- 4) комп'ютерне розпізнавання образів.

Проблема розпізнавання обличчя розглядалася з ранніх етапів розвитку комп'ютерного зору. Понад 40 років кілька компаній активно розробляли автоматизовані, а тепер і автоматичні системи розпізнавання облич людей: Smith & Wesson (система ASID - Automated Suspect Identification System); ImageWare (система FaceID); Imagis, Epic Solutions, Spillman, Miros (система Trueface); технологія Vissage (система Vissage Gallery); Visionic (система FaceIt).

Для вирішення задачі розпізнавання осіб запропоновано різні методи, серед яких можна виділити підходи на основі нейронних мереж, методу Карунена-Лоева, алгебраїчних моментів, ліній рівної інтенсивності та пружних (деформівних) еталонів порівняння. При розробці алгоритмів розпізнавання особлива увага приділяється автоматичному виділенню елементів обличчя (очей, носа, рота, підборіддя тощо) на його різних зображеннях: спереду, збоку та під довільним кутом (перспектива). Крім того, ці геометричні характеристики використовуються для вирішення проблеми розпізнавання. Типовим описом цих підходів є відсутність порівняння статистично значущої бази даних осіб. Можна виділити два способи розпізнавання людей:

- 1) порівняти тип відповідності між стимулами один відносно одного;
- 2) порівняння репрезентативної сукупної кількості людей.

Геометричне порівняння на основі визначення рис обличчя

Елементи обличчя: очі, ніс, рот, підборіддя та ін. Людину можна впізнати навіть тоді, коли окремі елементи обличчя недостатньо помітні. Ідея підходу полягає в тому, щоб знайти взаємне розташування та відповідні характеристики окремих елементів обличчя. Було показано, що навіть якщо елементи обличчя виділяються вручну, комп'ютерне розпізнавання дає дуже хороші результати.

Еталонне порівняння базується на ідеї, що зображення, представлене у вигляді масиву байтів – значень інтенсивності, порівнюється у відповідній метриці з еталонним – цілим обличчям. Існує кілька способів розробки стандартів та їх представлення. Для розпізнавання з різних ракурсів використовується кілька стандартів.

Заслуговує на увагу підхід, коли людина подається як набір маленьких різних стандартів. Кращим і складнішим підходом є використання єдиного зразка з точною апіорною моделлю, що дозволяє оцінити трансформацію головного обличчя при зміні кута огляду. Потім модель, що деформується, використовується для побудови контрольної метрики порівняння. Ця ідея лежить в основі методу спотворених норм.

Схема порівняння бенчмарків у роботі Брюса В. модифікована настільки, що її можна назвати кореляційно екстремальною. Він використовує нормалізацію зображення, яка перетворює його на карту градієнтної величини та не містить карти країв. Одним із успішних відкриттів є використання кількох роздільних здатностей і малих стандартів для очей, рота та носа. Детектори рис обличчя побудовані на цих підходах. Важливо, що наступний крок є конструктивним: спочатку виявляють очі (шляхом еталонного порівняння), потім автоматично нормалізують зображення за масштабом і орієнтацією.

Видно, що цей підхід містить елементи розпізнавання за референсом всього обличчя: EL (очі) використовуються для нормалізації зображення, а еталонне порівняння проводиться окремо за окремими рисами обличчя (очі, ніс, рот). Однак, як показав досвід, найбільш успішне розпізнавання обличчя

відбувається в архітектурі, яка поєднує підхід до розпізнавання всього обличчя з підходом, заснованим на еталонному порівнянні його елементів. Слід також розглянути схему розпізнавання на основі K-L декомпозиції.

Зауважте, що оскільки об'єкти розпізнавання в K-L декомпозиції представлені у вигляді лінійної суми базових норм, алгоритм розпізнавання не може дати кращий результат, ніж алгоритм кореляції. Однак таким чином можна значно зменшити обчислювальні витрати, які можна порівняти зі схемами розпізнавання на основі геометричних ознак EL. Таким чином, Ellis ND показав, що зниження обчислювальних витрат при тому самому рівні якості розпізнавання досягає 96%. Подібний алгоритм T.Poggio працює краще, ніж алгоритм R.J.Baron, оскільки він використовує менші стандарти, які більш стійкі до спотворення зображення.

Цікавим є патерн розпізнавання на нейронних мережах. Зокрема, використання мережі гіпербазових функцій при синтезі вектора ознак елементів обличчя для розпізнавання 3D об'єктів з довільної точки зору. У цьому випадку входами мережі є параметри елементів обличчя, включаючи їх положення на зображенні. Функціональна мережа гіпербази має входні дані як величини градієнта для кожного пікселя, а також як центри відповідних норм різні – центри з різними зміщеннями, що нагадує схему порівняння норм лицьових елементів, описану раніше. Це може відповідати лінійній гауссівській класифікації коефіцієнтів кореляції замість простого методу максимуму на коефіцієнтах кореляції.

Питання про залежність результатів розпізнавання від кута зору можна вирішити декількома способами. Якщо для кожної людини є зображення, зроблені з різних кутів, то можна використовувати однакові схеми розпізнавання, ціною збільшення обчислювальних витрат.

Використання гіпербазних функцій - це класифікація з можливістю інтерполяції між різними точками проекції, і це дуже ризиковано. Однак насправді для еталонного покоління може бути лише одне фронтальне зображення людини.

Очевидно, що зображення тривимірного об'єкта (без тіней) не містить достатньо інформації. Але якщо об'єкт належить до класу подібних об'єктів (прототипів), для яких відомі різні точки проєкції, то можлива розумна екстраполяція, і правильну проєкцію можна запропонувати для цього об'єкта лише за допомогою 2D-проєкції. Люди, безсумнівно, здатні розпізнавати обличчя, повернуті на 20-300 градусів з фронтальної проєкції. Можливо, вони просто використовують отримані дані про будову типової людини.

Іншим варіантом вирішення цієї проблеми є використання 3D-моделей обличчя для підтримки розпізнавання нефронтальних зображень обличчя. Як зазначає Р. Брунеллі, можливі задачі та їх розв'язання, у тому числі відпрацювання на експертній базі даних, пов'язані з отриманням інших проєкцій обличчя, використовуючи знання про проєкції інших типових об'єктів цього класу.

Для різних контурів елементів обличчя використовуються різні методи їх вилучення з оригінального портрета. Форми очей і рота мають стійкі геометричні форми, тому вони малюються за моделлю деформованого еталону. Інші риси обличчя, такі як брови, ніс і контури обличчя, настільки різноманітні, що для їх виявлення використовується модель активного контуру, яка точно визначає схожі об'єкти.

3.2 Аналіз моделі деформованого еталона

Еталони, що деформуються, виробляються за параметрами, фіксованими апріорними знаннями очікуваної схеми EL і які входять у процес навчання під час декодування контурів.

Орієнтири досить гнучкі, щоб змінювати свої розміри, при цьому їх можна порівнювати чисельно, а отримані значення параметрів можна використовувати для опису конкретної риси обличчя.

Орієнтири, що деформуються, динамічно взаємодіють із поточним цифровим зображенням. Енергетична функція використовує набір

компонентів, які витягують орієнтир на зображенні з рис обличчя на основі характеристик графіків зрізів інтенсивності, таких як максимум і мінімум, краї та саме значення інтенсивності. Функція мінімуму енергії відповідає найкращому вибору для даного зображення. загальні деформовані стандарти необхідні для виявлення очей і рота.

Щоб почати пошук рис обличчя, нам потрібно додати межі яскравості, які можна використовувати для ідентифікації рис обличчя з інших фрагментів обличчя, а також приблизний попередній перегляд кожної риси обличчя як початковий попередній перегляд для подальших ітерацій. Зазвичай він використовує масштабований просторовий фільтр для обчислення гістограми та визначення нульових значень яскравості в різних масштабах, а також метод грубої оцінки країв для приблизного визначення положення краю об'єкта. Винятком є лише грубий контур обличчя, який менше його точного контуру.

Коли контур отримано, визначається фізичний контур. Загальноприйняті краєшукачі не можуть точно розрізнити контури очей і рота, залишаючи лише пряму лінію. Правда полягає в тому, що звичайні краєшукачі не дозволяють синтезувати локальну інформацію. Таким чином, конструкція окулярного детектора базується на методі деформованого стандарту, який визначається набором параметрів, що виробляє інформацію очікуваної форми та застосування в процесі навчання. Ці стандарти досить гнучкі, щоб співвідносити їх розміри форми відповідно до варіантів її значення параметра, наприклад ек Значення, отримані Значення параметра з опису зразка, що використовується для опису.

3.3 Аналіз моделі активного контуру

Активний контур визначається як сплайн мінімальної енергії, який формується шляхом введення зовнішніх силових потенціалів і застосування потенціалів до зображення, які натягують його на риси обличчя на основі характеристик ліній і країв.

«Змійки» закріплюються на найближчих краях і в подальшому розташовуються акуратніше і акуратніше. Оскільки «змія» є сплайном мінімальної енергії (EMS), необхідно вивчити потенційні функції, які включають локальні мінімуми, а також альтернативи на більш високому рівні аналізу процесу.

Вибору необхідного рішення буде достатньо, якщо ви виберете шлях додавання членів серії, які просуватимуть ЕМС на зображенні, щоб отримати необхідне рішення. Метод активного контуру (метод змій) зазвичай використовується для виявлення та визначення рис обличчя, таких як брови, ніс і овал обличчя. Форма брів, ніздрів і овалу обличчя, на відміну від очей і рота, сильно відрізняються від людини до людини, і їх контури неможливо визначити за спотвореними стандартами.

Для цих цілей найбільш ефективною є модель активного кола МАК (рис. 3.1). Як уже зазначалося, активний контур змій є енергетично мінімальним сплайном, який спрямований активними зовнішніми силами та впливом сил на саме зображення, яке натягує змію на риси елементів обличчя. За знаки тут прийняті елементарні характеристики зображення: лінії та краї. Початкова змійка розташовується на найближчих краях, потім точно визначається її розташування і форма.

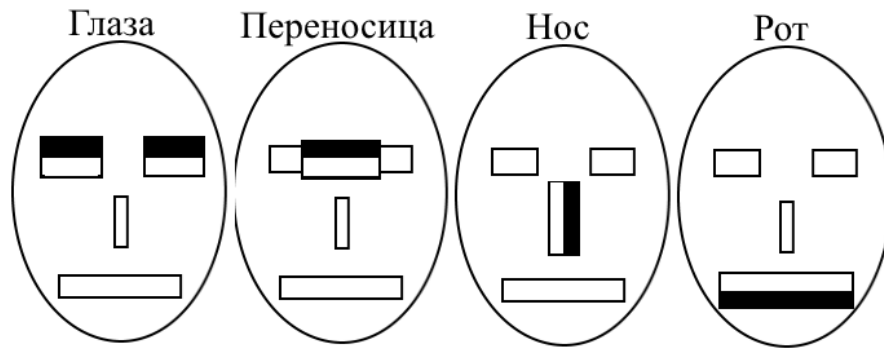


Рисунок 3.1 – Елементи обличчя для машинного розпізнавання

Якщо порівняти два підходи: ідентифікацію людей на основі вектора ознак, що представляє геометричні особливості EL, і ідентифікацію людей на основі порівняння напівтонових стандартів, можна побачити, що підхід екстремальної кореляції на основі напівтонових стандартів працює ефективніше. Такий підхід не вимагає апріорного знання будови лицьових елементів. При цьому методика, заснована на особливостях елементів обличчя, дає значну швидкість розпізнавання, не вимагає спеціального програмно-апаратного забезпечення та великих обсягів пам'яті.

3.4 Аналіз та обґрунтування вибору засобів розпізнавання графічних маркерів

Завдання – використати логотип порталу Департаменту медичних наук, щоб він транслював Відеореандр

Додаток *artivive* було обрано тому, що цей програмний пакет працює з технологією маркерів, яку відкрив Патко. переглядати елементи доповненої реальності, скануючи маркер за допомогою однієї програми на смартфоні.

Для створення елементів сцени використовувався програмний пакет Adobe, а саме:

Adobe Premier Pro – для створення проектного відеоряду;

Adobe Photoshop – для редагування логотипу та створення додаткового зображення;

Adobe After Effects – для анімації зображень;

Для того, щоб calyvented щось у нашому р 3D-cal-Space маркер з нашого програмного забезпечення Potrino zvi mvi Пакет Inside складається з компонентів камери: координати центру фокусу та фокусної відстані для двох. Внутрішня матриця (M_1) є п-викидною, оскільки на площину зображення, що подається камерою, проектується елемент. Зовнішня матриця (M_2) у своєму режимі — це матриця, яка визначає положення нашого об'єкта доповненої реальності відносно реального світу та нашого відеопотоку по осях X, Y і Z..

Структура даних матриць:

$$M_1 = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \#(3.1)$$

Де f_x – фокальна відстань за віссю X, f_y – фокальна відстань за віссю Y, c_x та c_y – координати центру фокуса за відповідними осями.

$$M_2 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \#(3.2)$$

Де всі елементи r відповідають за поворот окрім тих, що розташовані діагонально, а елементи t відповідають за функцію пересування об'єкту.

Матриці потрібно вказати, щоб Open GL міг рендерити наш AR-елемент і проектувати його на вихідне зображення з камери. Для їх практичної побудови використовується бібліотека OpenCV.

Потім побудовані матриці передаються функції, яка побудує вектор обертання та вектор перенесення. З вектора обертання нам потрібно отримати матрицю обертання. Крім того, отримані дані зберігаються в матриці моделі для OpenGL, яку необхідно транспонувати.

Щоб програма розпізнавала наш маркер при зчитуванні інформації з камери, використовуються технології розпізнавання фігур на літаку. Методи цієї технології включають алгоритми, які допомагають знаходити та розпізнавати об'єкт у статичному зображенні чи відеопотоці, а також концепцію виявлення ознак, яка обчислює абстракції зображення та виділяє його ключові характеристики, наприклад пікселі певного кольору чи, навпаки, різниця в яскравості, контрастності та кольорі сусідніх пікселів

Для використання алгоритму його спочатку навчають за допомогою зображень, які містять інформацію про потрібний об'єкт, і підроблених зображень, які не містять такої інформації. У навчанні алгоритму також беруть участь примітиви Хаара (рис. 3.2), які надають інформацію про точкову різницю яскравості зображення маркера.

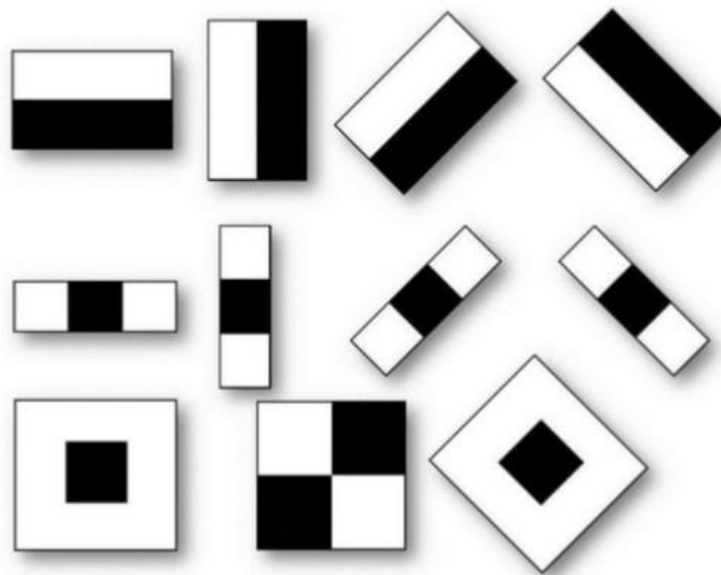


Рисунок 3.2 – Примітиви Хаара

Для пошуку ключових точок на площині та їх подальшого порівняння із маркером використовують детектор, дескриптор та метчер. Спочатку детектор здійснює пошук ключових точок шаблону зображення. Потім отримані дані описуються дескриптором. Ця інформація зберігається в базі даних, щоб цей процес не повторювався. При обробці відеопотоку для того, щоб знайти заданий шаблон, описаний процес виконується для кожного

фрейму. Компаратор використовується для створення відповідності між ключовими точками та дескрипторами (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Пошук особливих точок за заданим зображенням-маркером

Зазначена вище бібліотека Open Source Computer Vision Library використовується не лише для того щоб конструювати матриці комп'ютерного зору. Вона використовується протягом усього процесу обробки вхідного зображення та побудови віртуальної реальності, адже має багато модулів, що виконують різноманітні функції. Серед них:

- Модулі аналізу руху і відстеження об'єктів (оптичний потік, шаблони руху, усунення фону);
- Модулі детектування об'єктів на зображенні (вейвлети Хаара і т.і.) ;
- Модулі калібрування камери, пошуку стерео-відповідностей і елементів обробки тривимірних даних;
- Модулі пошуку, аналізу та порівняння ключових точок зображень (Feature Detection and Description) ;
- Методи і моделі машинного навчання (SVM і т.д.) ;
- Модулі побудови простих користувальницьких інтерфейсів, завантаження та збереження відео і аудіо[5] ;

3.5 Аналіз та обґрунтування вибору засобів розпізнавання обличчя на платформі за для позиціонування маски

Завдання – створити маску для платформи Instagram для оцінки програмного комплексу. Крім того, елемент доповненої реальності, який ми створимо в цій частині проекту, матиме функцію розповсюдження інформації про діяльність кафедри.

Для реалізації завдання:

Для створення 3D-моделі логотипу ми використовуємо пакет програм Maya 3D.

3D Coat – для створення УФ-сканування та фарбування моделі.

Платформа Spark AR дозволяє створити конфігурацію та поєднати всі елементи, які будуть враховуватися при використанні маски.

Рішення проблеми створення елемента доповненої реальності полягає в системі автоматичного розпізнавання обличчя людини, яка складається з ряду підзадач.

Методів розпізнавання обличчя людини багато, але, проаналізувавши всі процеси, можна вивести загальний алгоритм дій над зображенням в режимі онлайн і офлайн.

На рис. 3.4, на початку процесу на вході з'являться зображення з камери пристрою обличчя людини. Починається локалізація, під час якої ми відстежуємо розташування обличчя в кадрі, а потім зображення проходить трекінг, який визначає розміри, координати та положення голови.

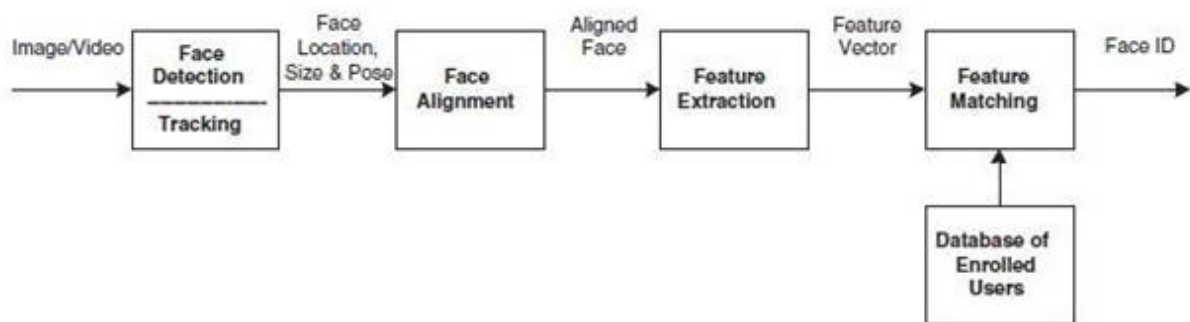


Рисунок 3.4 – Процес розпізнавання обличчя

Далі починається сам процес розпізнавання обличчя та пошук його ознак. На цьому етапі спочатку відбувається вирівнювання граней, а потім різними методами розраховуються значущі параметри унікальності.

Остаточним процесом є порівняння, використовуючи різні методи, параметрів, які ми розраховали, з еталонною моделлю.

Існує кілька методів розрахунку унікальних параметрів. Серед них: згорточна нейронна мережа, метод головних компонент, лінійний дискримінантний аналіз, алгоритм Віюлі-Джонсона, метод опорних векторів тощо. Але найкращий спосіб виконати наше завдання — це гнучкий метод порівняння на діаграмах. Він розпізнає обличчя з точністю 90-95% і підтримує елементи доповненої реальності при зміні виразу обличчя та ракурсу.

До методу сортування відноситься гнучкий метод порівняння на графіках (рис. 3.5). Порівняння проводиться з базою даних, де відображаються всі типи параметрів відображення для кожного типу об'єкта.

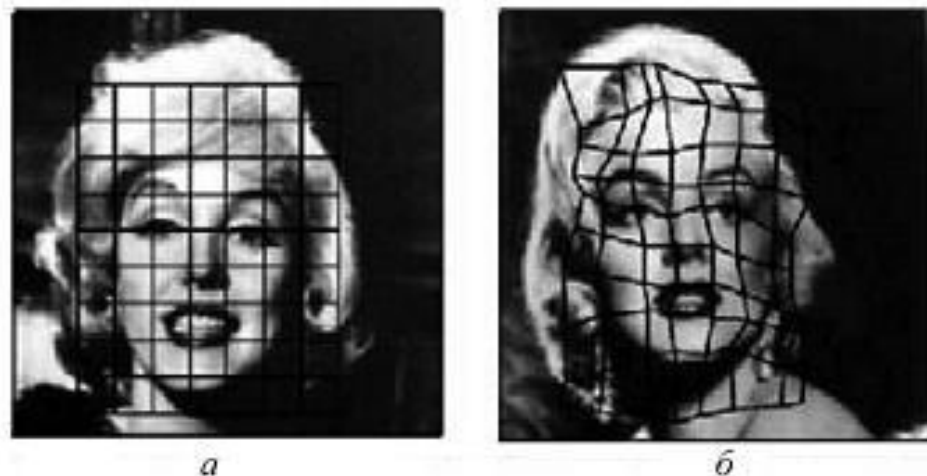


Рисунок 3.5 – Метод порівняння на графах

Визначення локальних особливостей обличчя базується на вейвлет-перетворенні Габора, яке складається із згортки з ядрами у вигляді плоских хвиль, обмежених гауссовою огиноючою.

Для того, щоб знайти важливі риси в нових обличчях, необхідно мати загальний опис ключових особливостей на основі анатомії, а не на моделях обличч окремих людей. Цей «репрезентативний набір» має охоплювати широкий спектр можливих варіацій зовнішнього вигляду обличч, таких як

різні форми очей, ротів або носів, різні типи борід, варіації за статтю, віком, расою тощо.

Очевидно, що було б непрактично охоплювати кожную комбінацію функцій окремим графіком. Натомість репрезентативний набір діаграм індивідуальної моделі можна об'єднати в структуру, схожу на стек, яка називається діаграмою кластеризації граней.

Кожна модель обличчя має однакову структуру сітки, а вузли відносяться до тих самих подвійних точок.

Набір струменів, що торкаються точки каналу, називається букетом. Наприклад, очний промінь може включати струмені із закритих, відкритих, жіночих і чоловічих очей тощо. При виявленні точок на обличчі, які раніше не були помічені, процедура вибирає найкращий струмінь, викликаний місцевим експертом із групи, присвяченої кожному духу. Таким чином, повне поєднання струменів у доступній груповій програмі охоплює набагато більший діапазон варіацій обличчя, ніж представлено в асортименті.

Після обробки даних і розрахунку різниці між еталонною та фактичною діаграмою ми отримуємо активну модель зовнішнього вигляду. Результатом є отримання ключових контурів, які є масивами точок, через які наш елемент доповненої реальності буде підключатися до зображення, наданого камерою пристрою. Відомі основні контури: контур обличчя, ліве і праве око, ліва і права брови, обидві зіниці, губи і ніс на обличчя (рис. 3.6).

Тоді триангуляція відбувається для множини точок S на площині, в якій лежать усі точки S будь-якого трикутника, крім точок, які є його вершинами, за межами кола, описаного навколо трикутника (рис. 3.7).

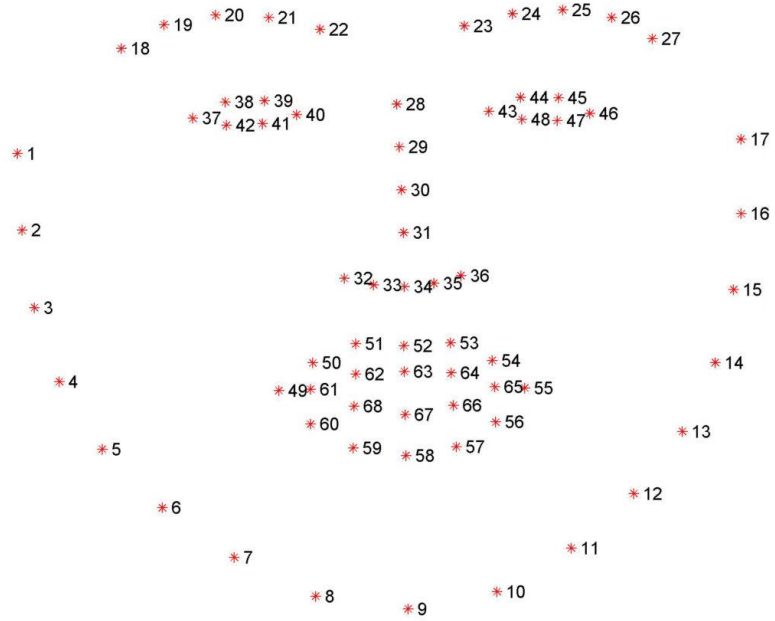


Рисунок 3.6 – Масиви ключових дуціальних точок

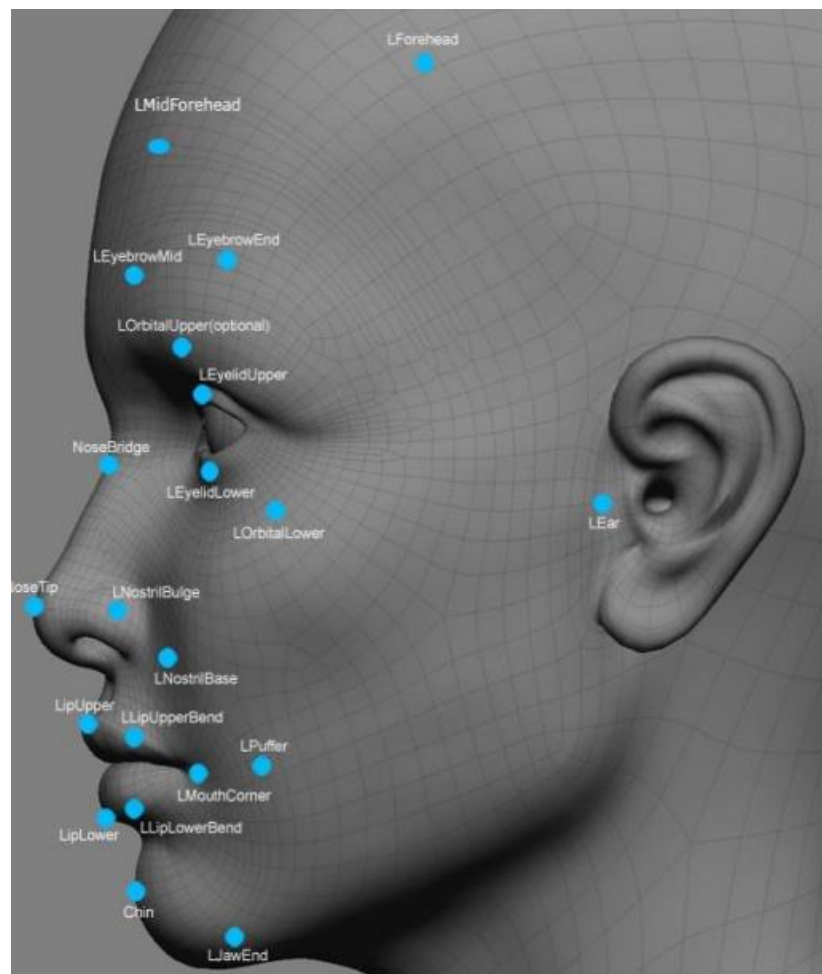


Рисунок 3.7 – Контрольні точки з профільного ракурсу

Таким чином ми в змозі завдяки технології розпізнавання обличчя реалізувати нашу задачу та перевірити наскільки безмаркерна доповнена реальність перевищує за якістю маркерну технологію.

4 СТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

4.1 Виготовлення елемента доповненої реальності за маркерною технологією за допомогою додатку доповненої реальності

По-перше, нам потрібно змінити логотип. Для цього переходимо в програмний пакет Adobe Photoshop, вибираємо кольорове поле самого логотипу і розміщуємо його на прозорому фоні, щоб білий колір зображення не містив інформації про кольоровий піксель (255, 255 , 255) залежно від моделі RGB.

Для проведення експерименту та підтвердження теорії розпізнавання маркерів зображень у додатку було вирішено зробити 2 зображення, які будуть служити маркером (рис. 4.1). Перше зображення буде растровим, не виправленим з більшою кількістю пікселів різних кольорів, а друге буде виправленим векторним зображенням, яке матиме лише сім кольорів.

Давайте представимо їх як шістнадцятковий код кольору, який є шестизначним представленням кольору. Перші дві цифри (RR) — червоне значення, дві інші — зелене значення (GG), а останні дві цифри — синє значення (BB). Відсоткове співвідношення трьох кольорів RGB показано в дужках. Наведіть перелік цінностей:

- #65c5de (101, 197, 222) ;
- # 4b9ad3 (75, 154, 211) ;
- # 3275a9 (50, 117, 168) ;
- # 4c4593 (76, 69, 147) ;
- # 644593 (100, 69,147) ;
- # 764596 (118, 69, 150) ;
- # 944a97 (148, 74, 151) ;



Рисунок 4.1: а) Зображення з градацією пікселів, растрове; б) Векторне зображення логотипу

По-друге, давайте створимо опис елемента доповненої реальності, який буде відображатися над наявним маркером.

Відеоматеріал необхідно розташувати над логотипом, який буде на деякій відстані по осі Z від маркерного об'єкта. Наше відео має бути обрамлено білою рамкою зі світловим ефектом. Також необхідно додати додаткові елементи у вигляді анімованої стрілки та логотипу відділу зі слоганом.

Для реалізації поставленої задачі створюємо послідовність зображень у програмному пакеті Adobe Premier Pro. Потім ми відправляємо стрічку на рендеринг і отримуємо результат у вигляді відеокліпу (рис. 4.2). Переходимо до Adobe Photoshop та в ньому:

- Створюємо елемент стрілки;
- Налаштовуємо колір;
- Робимо градацію трьох кольорів об'єкту;
- Лагодимо налаштування слою та додаємо ефект glow;
- Створюємо текст як окремий файл;

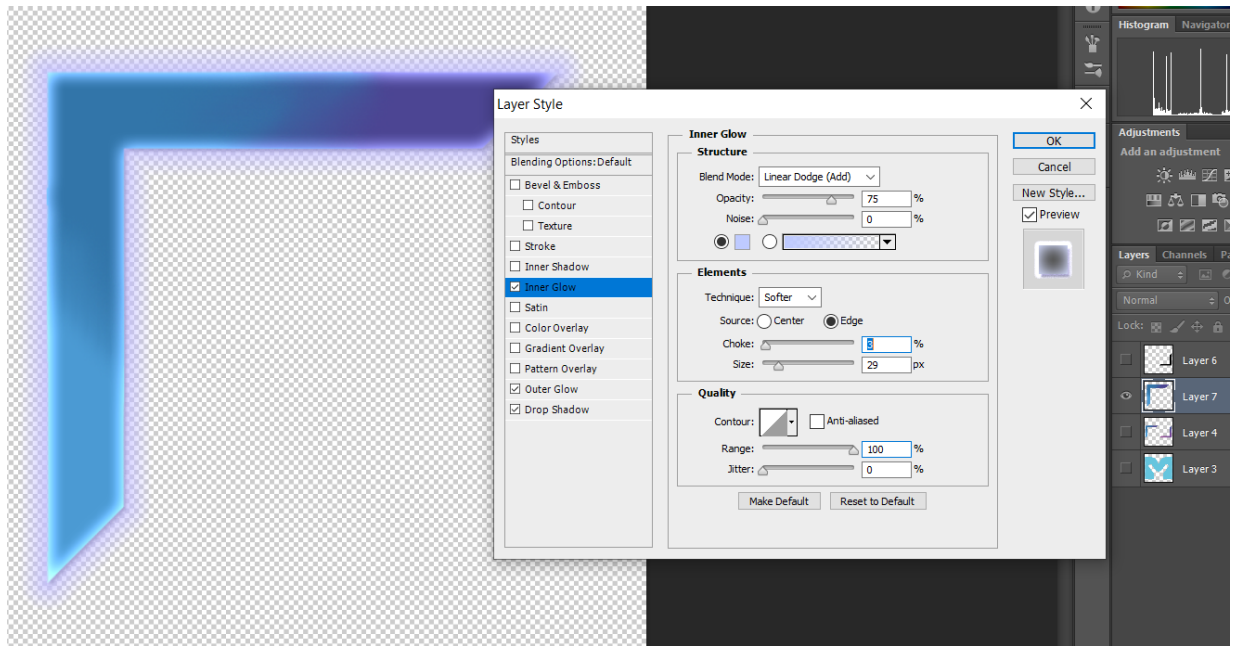


Рисунок 4.2 – Налаштування робочого слою

Далі всі зображення, що були створені на прозорому фоні збережемо у форматі «.png».

Файл стрілки імпортуємо в програму Adobe After Effects. Додаємо ключові кадри на параметри масштабу та позиціонування.

Анімуємо об'єкт, змінюючи значення параметрів та додаючи нові ключові кадри (рис. 4.3-рис. 4.4).

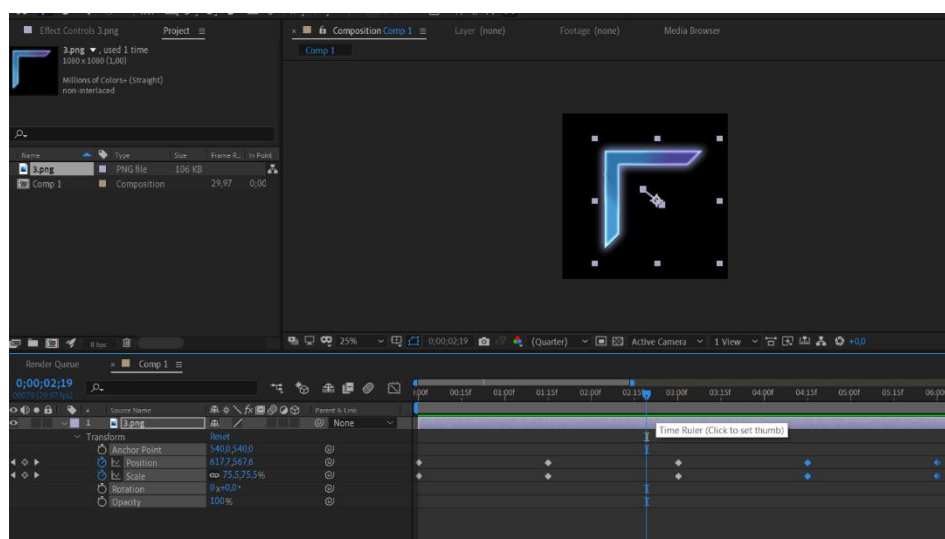


Рисунок 4.3 – Вікно програми, створення анімації стрілки

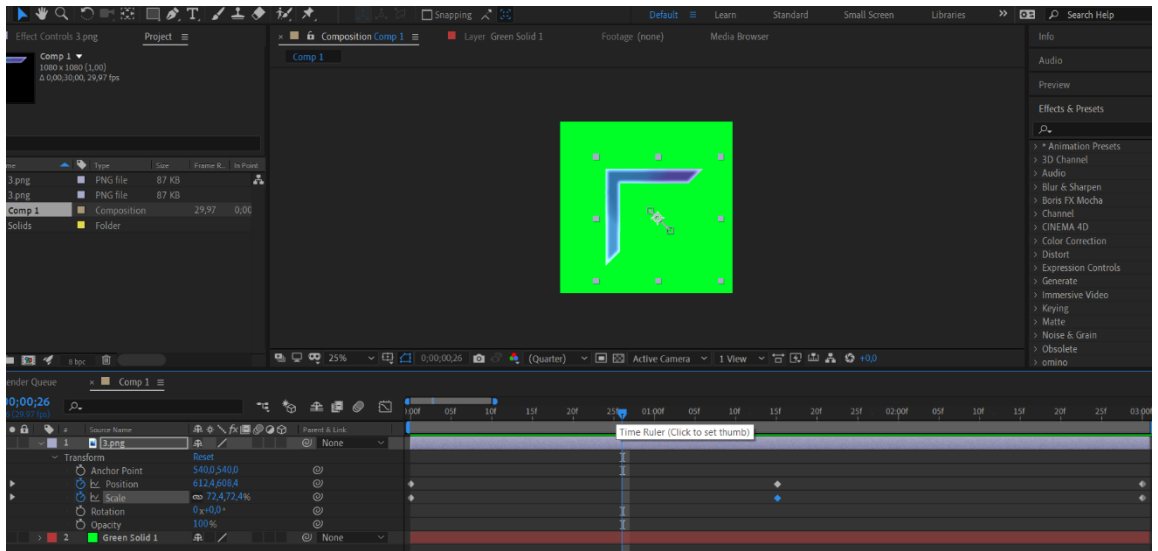


Рисунок 4.4 – Вікно програми, використання замість фонового слою, фон-хромакей

Рендеримо композицію та конвертуємо файл з формату «.avi» в формат «.mp4».

Починаємо імпортувати всі додаткові елементи та відеоматеріал до платформи у два наших проекти із маркером логотипу (рис. 4.5-рис. 4.6).

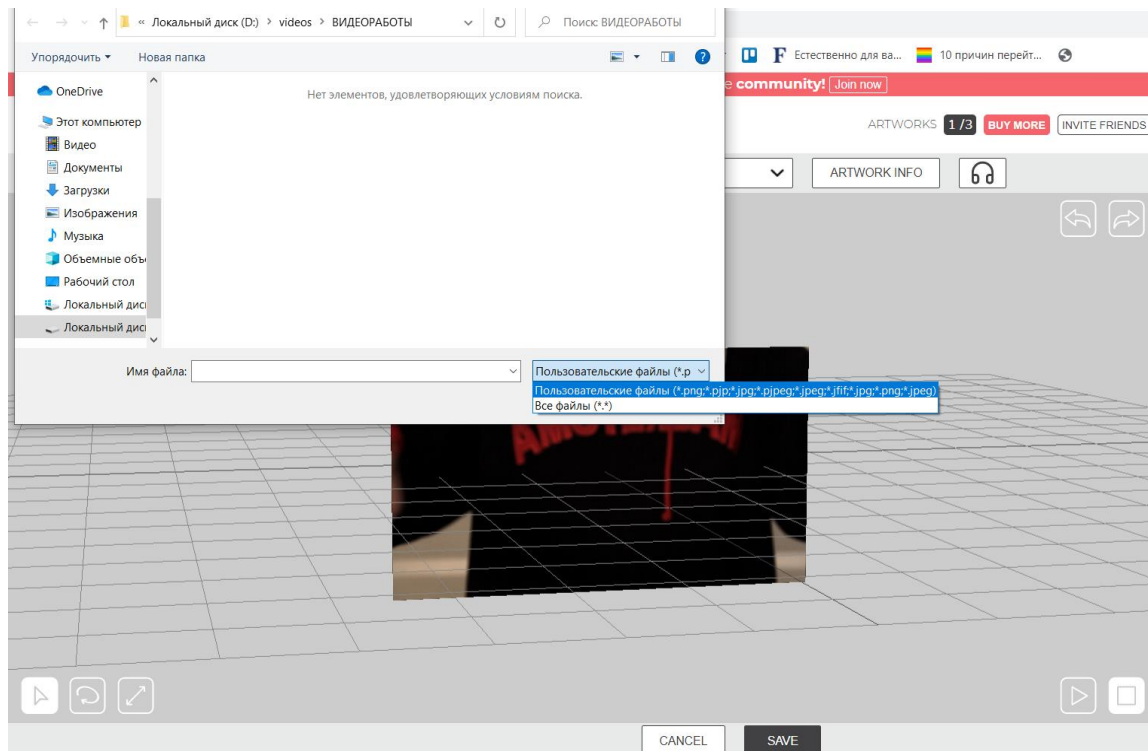


Рисунок 4.5 – Формати зображень, що підтримуються платформою ARTIVIVE



Рисунок 4.6 – Демонстрація фінального результату та створення сцени

Давайте збережемо сцени і трохи почекаємо, поки дані обробляться.

Згідно з результатами, проект із векторним зображенням взагалі не розпізнавав зображення маркера та не відображав елементи доповненої реальності (рис. 3.7). Зрештою, теоретично растрове зображення має більше окремих точок, ніж векторне зображення. Градієнти між заданими раніше кольорами створюють контрастні пари пікселів, що впливає на якість розпізнавання маркера зображення.

Наведемо результати роботи з платформою ARTIVIVE (рис. 4.7) та дамо характеристику за такими критеріями оцінки: залежність від освітленості, стабільність трансляції елементів доповненої реальності, стабільність проєкції зображення, зображення. швидкість розпізнавання маркера.



Рисунок 4.7 – Оцінка роботи алгоритмів розпізнавання. Параметр «recognition speed»

Що було з'ясовано при роботі в додатку ARTIVIVE:

- Не має змоги працювати із таймлайном;
- Має обмежену кількість додаткових елементів, що можна додавати у сцену. Дуже важливо зазначити, що не має обсягу на розмір файлів у сцені, лише на кількість;
- Не має можливості працювати із 3D форматами;
- Створює можливість використовувати ваші власні малюнки як маркер до доповненої реальності замість QR-кодів та чорно-білих маркерів;
- Має змогу працювати із характеристикою transparency (рис. 4.8);

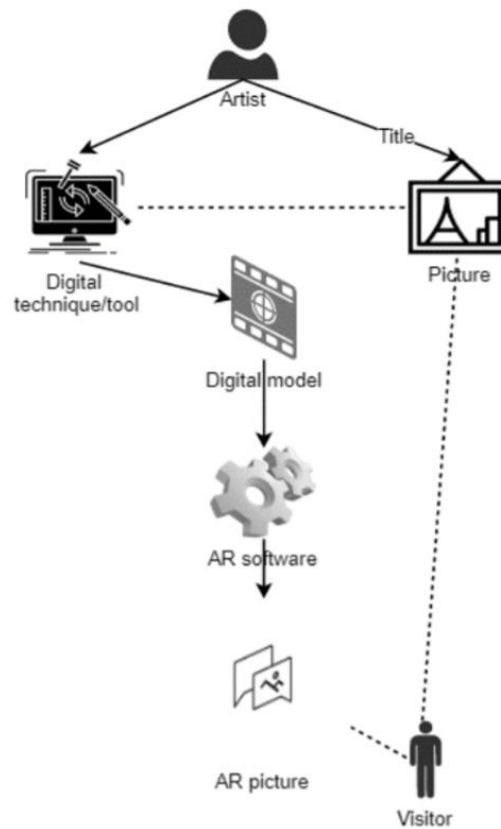


Рисунок 4.8 – Функціональна схема роботи програми

На зображенні показано сценарій програми, перед яким все ще має стояти веб-сторінка ARTIVIVE.

Алгоритм взаємодії платформи можна описати наступним чином. Користувач приєднується до веб-спільноти ARTIVIVE шляхом реєстрації на офіційному сайті. Сервер компанії виділяє місце в хмарному сховищі для користувача. Безкоштовне використання репозиторію дозволяє створити 3 проекти доповненої реальності, кожен з яких дозволяє додати до сцени 6 зображень і 3 одиниці відеоконтенту. Користувач завантажує найважливішу інформацію про сцену - зображення маркера та другорядні елементи сцени. Усі файли надсилаються в хмарне сховище. Проект зберігається та обробляється алгоритмами розпізнавання платформи.

Для перегляду елементів доповненої реальності потенційний споживач контенту повинен завантажити на смартфон програму ARTIVIVE, яка є камерою.

Потім при перегляді контенту доповненої реальності вводиться зображення з камери, яке проходить обробку. Наступний крок — розпізнати зображення камерою та зіставити його із зображенням маркера та відобразити елементи доповненої реальності. Наведемо алгоритм на рис. 4.9.

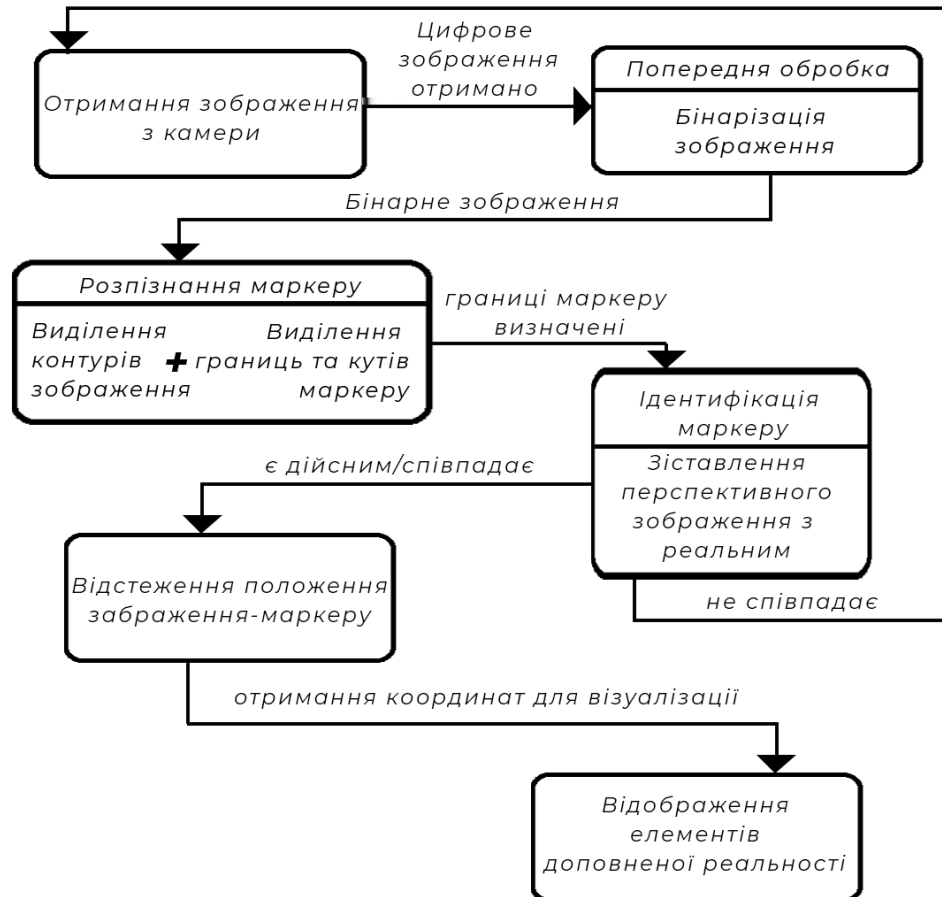


Рисунок 4.9 – Алгоритм коректного відображення доповненої реальності за маркерною технологією ARTIVIVE

4.2 Створення елемента доповненої реальності – маски на платформі доповненої реальності

Ми надамо опис очікуваного результату. Створена маска являє собою 3D модель, розташовану перед головою потенційного користувача. Маска введена в дію в соціальній мережі Instagram, для поширення інформації та розваг.

Щоб створити маску, завантажте програмний пакет Spark AR. Створюємо нову сцену і імпортуємо перший основний елемент - голову, завдяки якій ми можемо правильно розташувати нашу 3D модель. Але додавання голови — це не єдине, що він може робити для імітації рухів людини, показуючи, які зміни у виразі обличчя та перспективі можливі в кадрі.

Щоб об'єкти сцени реагували на міміку та голову людини в просторі, вони повинні бути пов'язані з фейстрекером. Тому ми додаємо фейстрекер до сцени та перетягуємо головний елемент відповідно до правильної ієрархії (рис. 4.10).

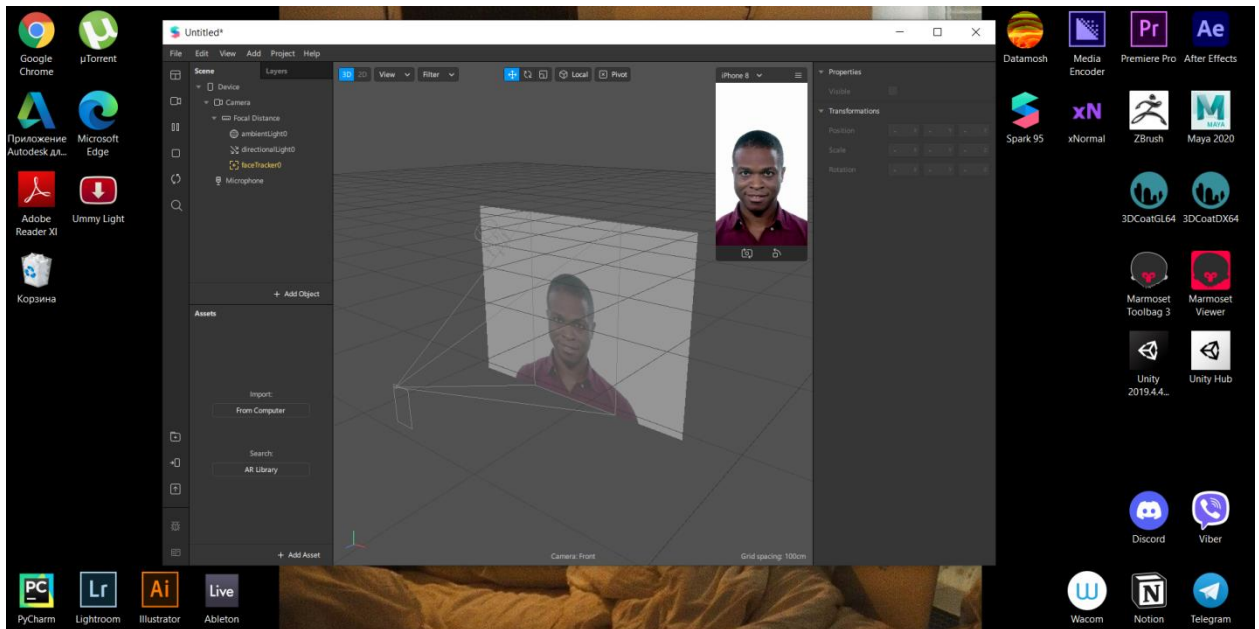


Рисунок 4.10 – Вікно програми Spark AR

Далі переходимо на програмний пакет Autodesk 3D Maya. Додаємо посилання на сцену – логотип відділу та моделюємо його (рис. 4.11).

У процесі моделювання важливо перевірити готову модель на наявні помилки, такі як, наприклад, подвійні точки в однакових координатах, багатокутники з більш ніж чотирма кутами (n-кутники), ламані площини, багатокутники з тупими кутами. Ці помилки є неприпустимими, тому що при

експорті моделі відбувається процес триангуляції і на виході ми можемо отримати модель, яка не буде відображати частину свого плану.

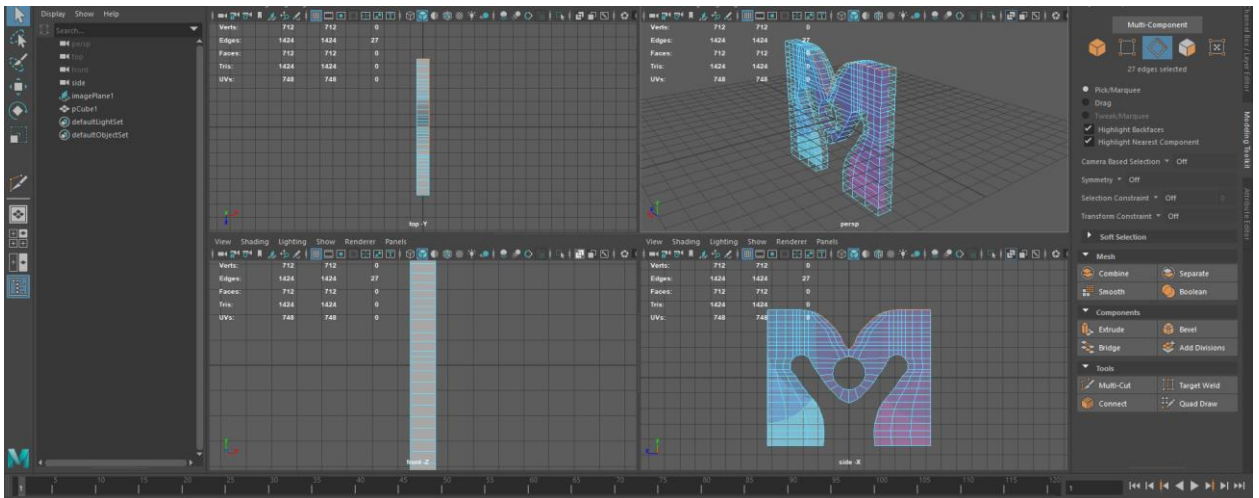


Рисунок 4.11 – Процес створення 3D-моделі

За для того, щоб модель виглядала гарніше потрібно використати функцію Bevel, результатом якої є створення фасок на визначених до завершення операції ребер об'єкту. Наявність фасок дає світлу відображатись так, як і у реальному світі, що надає більшого реалізму нашій моделі. У деяких випадках треба також налаштувати режим відображення векторів нормалей від площин (рис. 4.12).

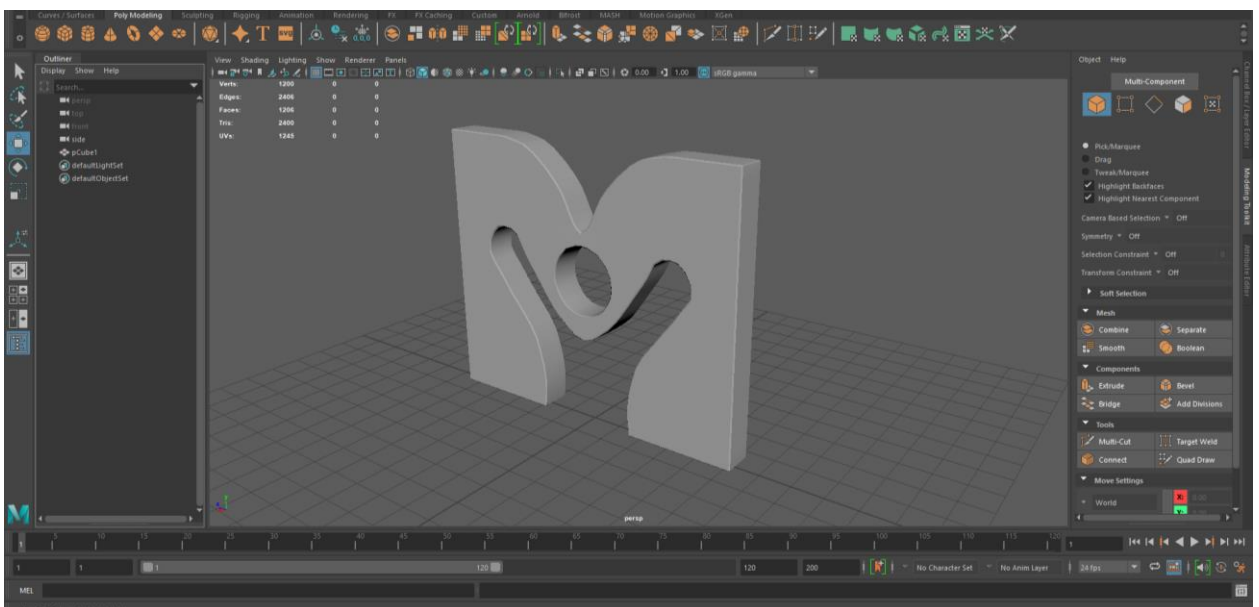


Рисунок 4.12 – Готова модель логотипу

Далі імпортуємо модель в форматі «.obj» в програму 3D Coat для того щоб створити коректну UV-розгортку для нашої моделі. При процесі створення розгортки шви робимо в місцях, де їх не буде помітно. Маючи розуміння, що наш об'єкт буде розташований попереду голови потенційного користувача, робимо шви розгортки позаду моделі (рис. 4.13).

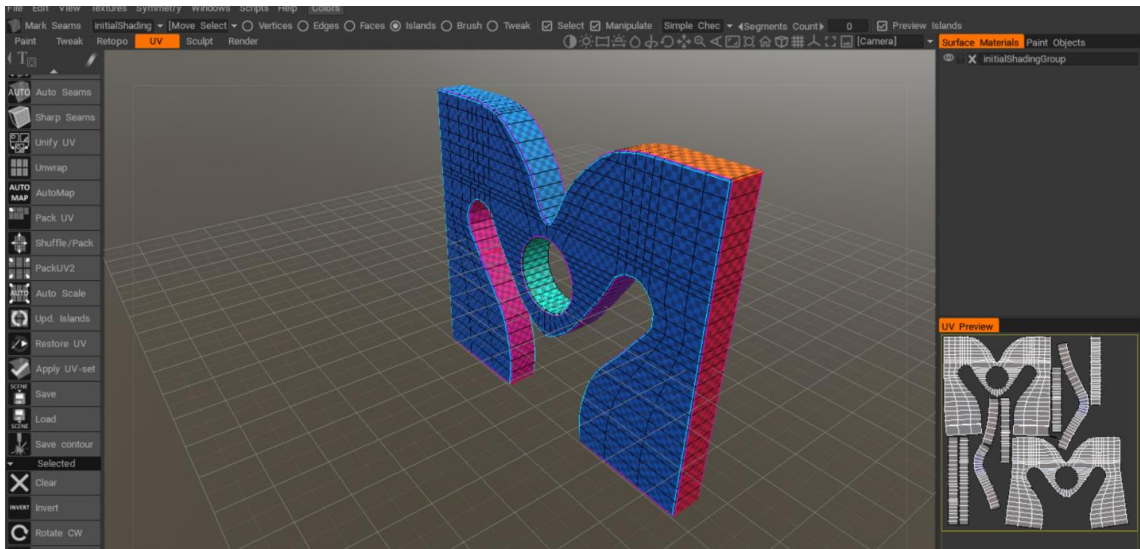


Рисунок 4.13 – Об'ємна розгортка до об'єкту

Наступним кроком переходимо до кімнати Paint та по існуючій розгортці починаємо створювати текстури. Текстура є картою кольору для кожного полігону моделі (рис. 4.14-рис. 4.15).

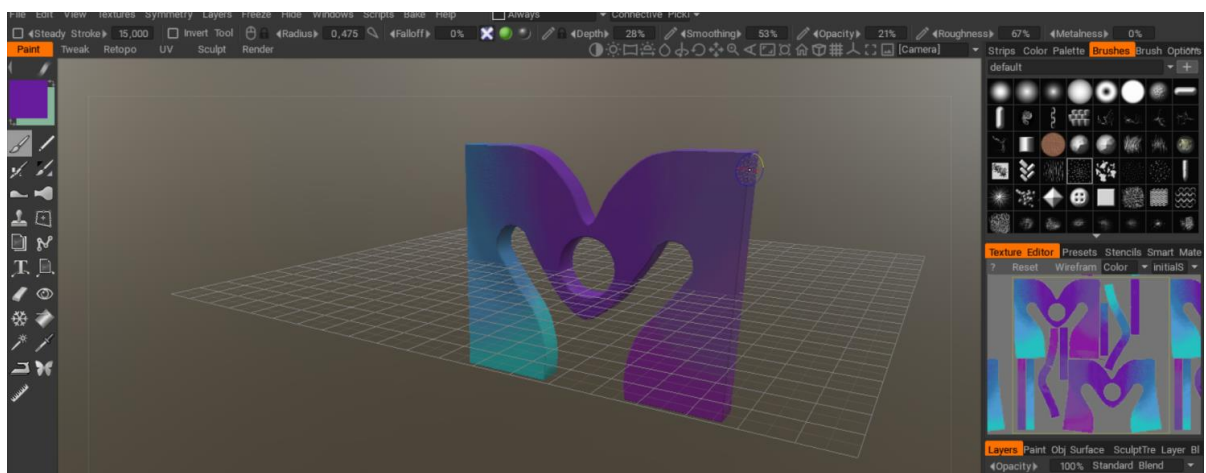


Рисунок 4.14 – Процес створення текстури



Рисунок 4.15 – Зразок текстури

Переходимо до програмного пакету Spark AR та починаємо збирати сцену.

Як вже було зазначено, усі об'єкти за ієрархією повинні бути включені до фейстрекеру. Отже додаємо null object та центруємо його відносно голови у сцені (рис. 4.16). Далі імпортуємо нашу 3D-модель та прив'язуємо її до null об'єкту (рис. 4.17). Додаємо матеріали на нашу модель логотипу та голови. Експортуємо маску та завантажуюмо її на Spark AR Hub (рис. 4.18-рис. 4.21).

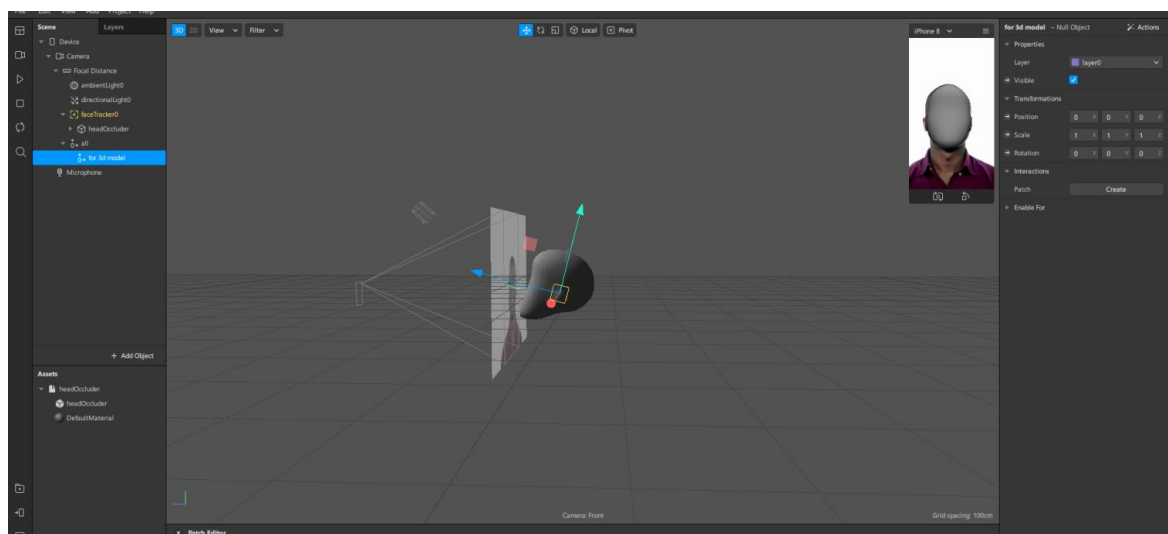


Рисунок 4.16 – Вікно програми, прив'язка нульових координат

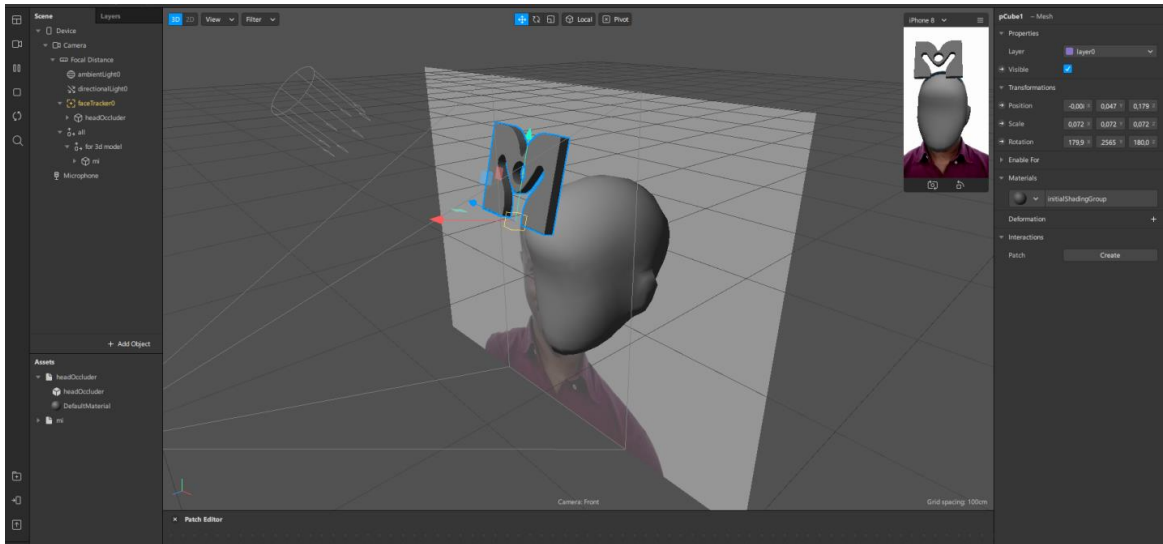


Рисунок 4.17 – Демонстрація моделі у форматі «.obj»

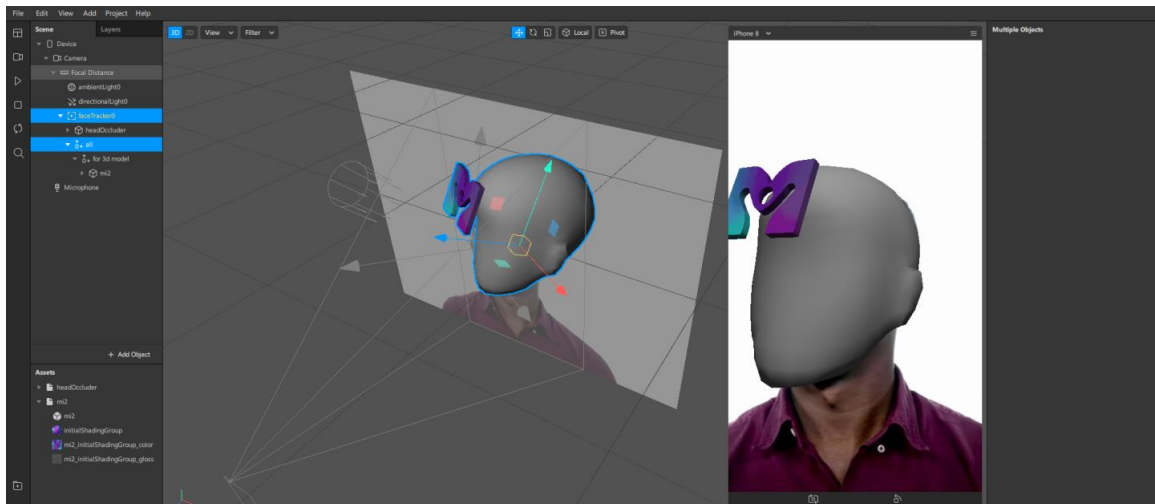


Рисунок 4.18 – Вікно програми, процес використання матеріалу

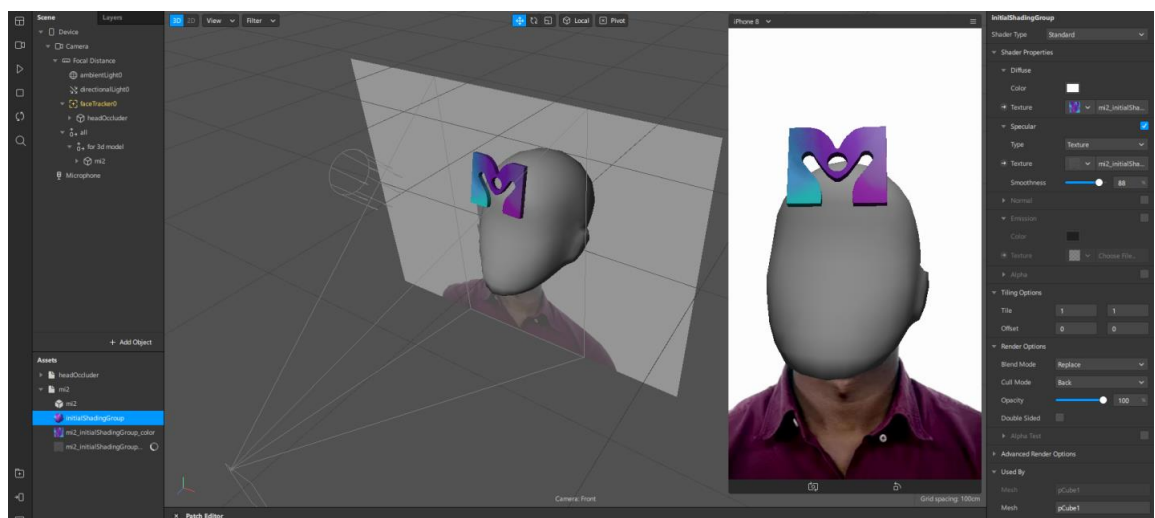


Рисунок 4.19 – Налаштування фізичних властивостей матеріалу

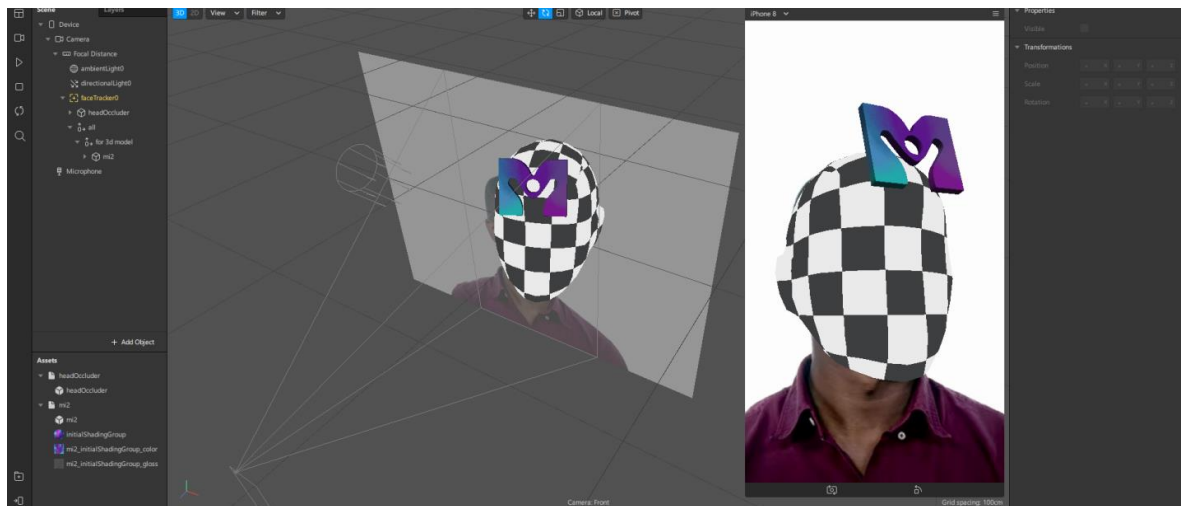


Рисунок 4.20 – Додавання нового матеріалу на headOccluder

Название	Видимость	Статус проверки	Показы	Открытия	Использования	Публ
student_pure Не поддерживается	Показывается	Принято	10 528	820	88	20
trash_pure Не поддерживается	Показывается	Принято	2 736	1 228	156	28

Рисунок 4.21 – Інтерфейс платформи SparkAR Hub

Що було з'ясовано при роботі із платформою SparkAR:

- Є можливість роботи із 3D-форматами;
- Нема можливості роботи з таймлайном, але є поле роботи із patch editor, завдяки якому можливо реалізувати анімацію та ефекти візуалізації;
- Для реалізації елементів доповненої реальності потрібно реєструватися на платформі, тобто резервувати за собою місце на серверах хмарного сховища, як і в ARTIVIVE;
 - Елемент доповненої реальності має вихід на мережі Instagram та Facebook, що може бути використано в комерційних цілях;
- Є можливість імпортувати код для реалізації складних проєктів;
- Можливим є не тільки трекінг лиця (face tracking), а ще й hair segmentation, person segmentation, skin segmentation, для яких потрібно створювати маски сегментації;

Алгоритм роботи із платформою наведено на рисунку 3.22 за яким користувачу обов'язково завантажити комп'ютерну програму. Використовуючи її інтерфейс, який підтримує JavaScript (рис. 4.22), завдяки програмному забезпеченню можна поєднати усі різновиди графічного контенту за для створення елементів доповненої реальності.

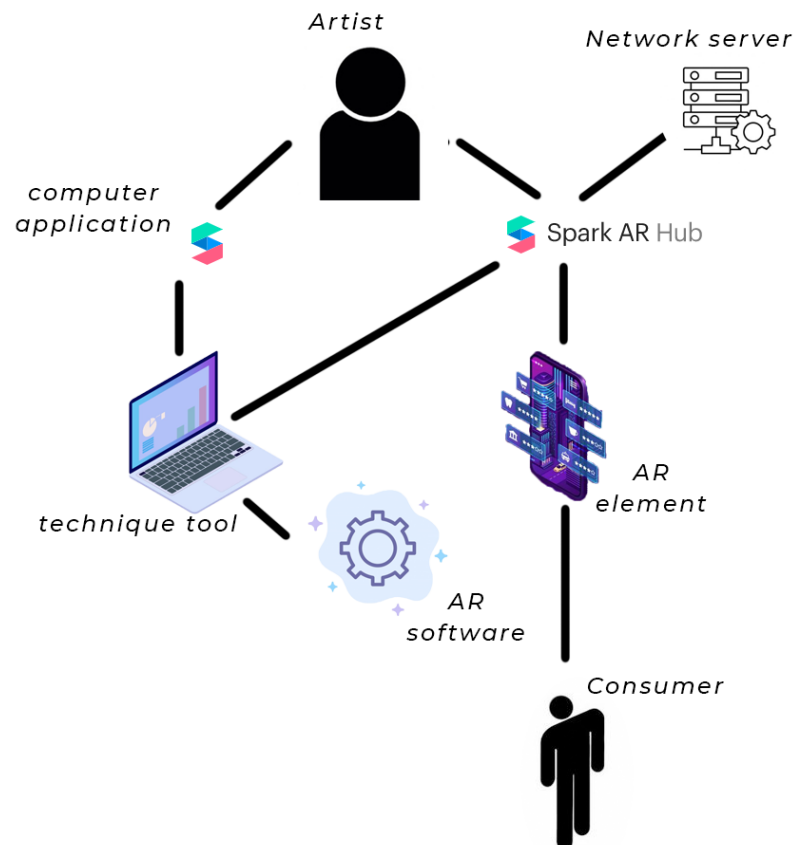


Рисунок 4.22 – Сценарій процесу створення елементів доповненої реальності за допомогою SparkAR

Далі сцена вашого файлу обробляється, та визначається її розмір для кожної операційної системи окремо. Відразу після експорту маска відправляється до платформи SparkAR Hub, де її потрібно зрецензувати та представити. Після цього деякий час вона перевіряється та публікується у соціальних мережах, де з нею може контактувати споживач. Вже камера у соціальній мережі розпізнає обличчя людини та позиціонує маску згідно із сценою проекту.

ВИСНОВКИ

Під час дослідження було доведено теоретичне питання про те, що при створенні доповненої реальності за допомогою алгоритму з використанням ключових точок необхідно використовувати растрове зображення з більшою кількістю контрастних пікселів.

Проаналізовано роботу двох авторингових платформ AR – ARTIVIVE та SparkAR.

Якщо говорити про освітлення кімнати, то воно обов'язкове для розпізнавання об'єктів на обох платформах, але якщо додаток ARTIVIVE вимагає хорошого освітлення і якості зображення маркера, то в соціальних мережах, де реалізовані об'єкти доповненої реальності від платформи SparkAR, освітлення не грає значну роль, головне — можливість розпізнавання обличчя, яке може відбуватися навіть у темряві.

Платформа ARTIVIVE дозволяє проєктованому об'єкту реагувати на зміну перспективи, але при цьому виникають помилки в розрахунках гіроскопа, через що дифузія елемента доповненої реальності стає нестабільною. Всупереч цьому, реалізація цієї функції в SparkAR дає непогані результати. Маски, спроектовані на обличчя, транслюються без тремтіння, але якщо обличчя людини повернути до камери на 90 градусів або більше, вона перестає розпізнаватися, і потік об'єкта припиняється.

Необхідно додати інформацію про помилки візуалізації об'єктів на обох платформах. Крім того, що теоретично обличчя може відвернутися від камери більше, ніж необхідно, проєктувати об'єкт можна тільки на одне обличчя. Якщо в кадрі буде більше однієї людини, то виникає проблема реалізації елемента відразу на двох розпізнаних обличчях. Якщо ви не вирішите цю проблему, імпортувавши список кодів JavaScript, результатом буде помилка під час вибору одного з двох граней, і доставка може стати неправильною. Що стосується платформи ARTIVIVE, то вона проєктує

об'єкт тільки за наявністю маркера в кадрі на полі розпізнавання, але навіть коли дифузія почалася, виникають помилки.

Важливим фактором є виконання функцій практичної реалізації, тобто товар має використовуватися. Для цього на платформі ARTIVIVE є сторонній додаток для камери, який потенційний користувач повинен завантажити окремо. На відміну від ARTIVIVE, SparkAR реалізує свої проекти в соціальних мережах, таких як Instagram і Facebook. У соціальних мережах елемент доповненої реальності поширюється швидше і з кращою статистикою. Ось чому, якщо виникне необхідність поділитися якоюсь інформацією, платформа SparkAR візьме на себе ініціативу у вирішенні такого роду проблем.

Інтерфейс обох платформ досить інтуїтивно зрозумілий, але на платформі ARTIVIVE імпорт файлів виконується з необґрунтованими додатковими кроками. Реалізація функцій руху, масштабування і обертання незвичайна для користувача програм для роботи з графічним контентом. Також платформа ARTIVIVE не має можливості працювати з 3D форматами. Навпаки, така можливість існує в платформі SparkAR. У цьому програмному комплексі зв'язок між користувачем і ПК аналогічний програмам для роботи з 3D моделями, в додатку є вікно відображення елемента при кожній зміні параметрів. На обох платформах відсутня можливість роботи з таймлайном.

Налаштування об'єктів доповненої реальності включають корекцію відбитого світла залежно від середовища. Якщо на платформі ARTIVIVE це неможливо, то, працюючи з текстурами та їх відображенням на платформі SparkAR, можна зробити AR-елемент більш реалістичним. Але слід сказати, що ця характеристика все ще є фіктивною, оскільки фізичні умови освітлення коригуються під час побудови сцени програмуванням. Насправді вони існують, але не підкоряються режиму виконання.

Швидкість розпізнавання об'єктів на платформі ARTIVIVE залежить від якості растрового-маркерного зображення та освітленості приміщення. Також на практиці встановлено наявність помилок розпізнавання в

алгоритмах програми. Згідно з нашими дослідженнями, розпізнавання маркера займало від 1 хвилини, що не є хорошим результатом, але ми повинні пам'ятати, що наш логотип містить невелику кількість бітів контрасту для гарного розпізнавання об'єкта, на який ми проектуватимемо елемент доповненої реальності. Швидкість розпізнавання обличчя на платформі SparkAR вище, але вона залежить від оперативної пам'яті пристрою та розміру файлу елемента AR.

Ця робота може бути використана для аналізу платформ для подальшої роботи з імерсивними технологіями, для вдосконалення програм для роботи з доповненою реальністю або навіть для створення власного додатку, який буде реалізовувати функцію візуалізації AR-об'єктів.

Також є можливість розвивати цей напрямок і створювати платформу для реалізації AR-контенту з можливістю роботи з таймлайном. Для цього необхідно провести детальний аналіз проблеми та визначити, як може покращитися чи погіршитися робота онлайн-рендерів у процесі створення сцени.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bauman National Library: веб-сайт: URL:
https://ru.bmstu.wiki/%D0%90%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80#cite_note-3
 (дата звернення: 03.06.2021)
2. Савельєв І.В. Курс фізики. – М.: Наука, 1989. 125-130 с.
3. Хайкін С.Е. Фізичні основи механіки. – М.: ГИФМЛ, 1963. 376-387 с.
4. Мусалімов В.М., Ротц Ю.А., Астаф'єв С.О., Амвросьєва А.В. Розрахунок надійності пружних елементів мікромеханічних гіроскопів: навчальний посібник. Санкт-Петербург: Редакційно-видавничий відділ Санкт-Петербурзького державного університету інформаційних технологій, механіки і оптики, 2009. 127 с.
5. Благовіщенський І.А., Демьянков Н.О.: Технології та алгоритми для створення доповненої реальності: Модел. і аналіз інформ. Систем, 2013. Т. 20. 129 – 138 с.
6. Сакович І.О., Белов Ю.С. Застосування методу Лукаса-Канаді для обчислення оптичного потоку: інженерний журнал: «Наука та інновації». Калуга: 2014, 7 с.
7. Жулін А.Г., Манжикова С.Ц. Структура і алгоритми систем доповненої реальності на основі маркера: стаття. Бішкек: Вісник Киргизько-Російського Слов'янського університету, 2018. Т. 18. 58 – 62 с.
8. Vakhrushev M.V. Augmented reality to promote and visualize scientific knowledge in the RNPLS&T's Open Archive. Moscow: Scientific and Technical Libraries, 2020. Т. 10. 52 – 62 p.
9. Bershadskiy Y., Zaika I., Kharchenko V., Golembovska O. Interactive Abstract Painting by Augmented Reality: Scenarios and Architecture Solutions. Kharkiv: 2019. 12 p.
10. Алгоритмы распознавания объектов / А. А. Цветков, Д. К. Шорох, М. Г. Зубарева [и др.]. — Текст : непосредственный // Технические науки:

- проблемы и перспективы : материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). — Санкт-Петербург : Свое издательство, 2016. — С. 20-28. — URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/166/10825/>
11. Левчук С.А., Якименко А.О. Дослідження характеристик алгоритмів розпізнавання обличчя: збірка наукових праць НГТУ. Новосибірськ: 2018. 40 – 58 с.
 12. Пресс-центр компанії EPAM: Розпізнавання обличчя. Створюємо і приміряємо маски: стаття: URL: https://habr.com/ru/company/epam_systems/blog/343514/ (дата звернення: 05.06.2021)
 13. A Comparative Example Between The Use Of Pca And Mds For Image Classification / Hernandez, W., Mendez, A., Flor-Unda, O., Camejo, I.M., Kolendovska, M. // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152565, Pages 1353-1358
 14. Algorithm For Generating Refined Frequency Estimates In Atmospheric Radio Sounding Systems / Kartashov V., Hernandez W., Hernandez-Balbuena D., M. Kolendovska, Konovalenko O., Melnyk V. // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152562, Pages 79-82
 15. Application of Fast Frequency Shift Measurement Method for INS in Navigation of Drones / D. Avalos-Gonzalez, D.H. Balbuena, V. Tyrsa, V.M. Kartashov, M. Kolendovska, S. Sheiko, O. Sergiyenko, V. Melnyk, F.N. Murrieta-Rico // IECON 2018 – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – P. 3159–3164.
 16. Avalos-Gonzalez, D., Sergiyenko, O., Hernandez-Balbuena, D., Tyrsa, V., Kartashov V.M., V., Rivas-Lopes, M., Murrieta-Rico, F.N. Constraints definition and application optimization based on geometric analysis of the

- frequency measurement method by pulse coincidence// Measurement: Journal of the International Measurement Confederation (USA). 2018, V.126. P. 184-193.
17. Book "Control and Signal Processing Applications for Mobile and Aerial Robotic Systems", Hardback - Advances in Computational Intelligence and Robotics English. Edited by Oleg Sergiyenko, Moises Rivas-Lopez, Wendy Flores-Fuentes, Julio Cesar Rodríguez-Quiñonez, Lars Lindner. Editorial IGI Global, Hershey, United States, January 2020, 340 páginas. ISBN10 152259924X, ISBN13 9781522599241
18. Cesar Sepulveda-Valdez ; Oleg Sergiyenko ; Vera Tyrsa ; Wendy Flores-Fuentes ; Julio César Rodríguez-Quiñonez ; Fabian Natanael Murrienta-Rico ; Jesús Elías Miranda-Vega ; Paolo Mercorelli ; Marina Kolendovska. "Geometric analysis of a laser scanner functioning based on dynamic triangulation," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1398-1403, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152268.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152268>
19. Cuauhtémoc Mariscal-García; Wendy Flores-Fuentes; Daniel Hernández-Balbuena; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Oleg Sergiyenko. "Classification of Vehicle Images through Deep Neural Networks for Camera View Position Selection," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1376-1380, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152440.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152440>
20. Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision/ O. Sergiyenko, J.C. Rodríguez-Quiñonez, IGI Global, 2016; 341p.
21. Experimental estimation of direction finding to unmanned air vehicles algorithms efficiency by their acoustic emission, /Oleynikov, V., Zubkov, O., Kartashov, V., ...Sheiko, S., Babkin, S.//2019 IEEE International Scientific-

- Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, 2019, стр. 175-178, 9061337
22. Features of acoustic noise of small unmanned aerial vehicles / Semenets, V.V., Kartashov, V.M., Leonidov, V.I. // Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz* and *Radiotekhnika*), 2020, 79(11), стр. 985-995
23. Geometric Analysis Of A Laser Scanner Functioning Based On Dynamic Triangulation / Sepulveda-Valdez, C., Sergiyenko, O., Tyrsa, V, Mercorelli, P., Kolendovska, M. // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152268, Pages 1398-1403
24. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152255>
25. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9161870>
26. I. Y. A. Corpus, L. Lindner, O. Sergiyenko. "Transimpedance Amplifier for Laser Scanning System Range Extension," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1421-1426, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152487. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152487>
27. Ivanov, M., Sergiyenko, O., Mercorelli, P., Hernandez, W.c, Rodriguez Quinonez, J.C.d, Katashov V., Kolendovska, M., Iryna, T. Effective informational entropy reduction in multi-robot systems based on real-time TVS. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2019-June, 8781209, c. 1162-1167.
28. Jonathan J. Sanchez-Castro ; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Luis R. Ramírez-Hernández ; Guillermo Galaviz ; Daniel Hernández-Balbuena ; Gabriel Trujillo-Hernández ; Wendy Flores-Fuentes ; Paolo Mercorelli ; Wilmar Hernández-Perdomo ; Oleg Sergiyenko ; Félix Fernando González-Navarro. "A Lean Convolutional Neural Network for Vehicle Classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands,

- 17-19 of June 2020, pp. 1365-1369, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152274.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152274>
- 29.Lindner, L., Sergiyenko, O., Rivas-López, M., (...), Gurko, A., Kartashov, V.M. Machine vision system for UAV navigation; IEEE, 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference, ESARS-ITEC, 2016; pp.1–6. DOI: 10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841356.
- 30.M. Ivanov, O. Sergiyenko, V. Tyrsa, P. Mercorelli, V. Kartashov, W. Hernandez, S. Sheiko, M. Kolendovska. Individual scans fusion in virtual knowledge base for navigation of mobile robotic group with 3D TVS // Proceedings of 44th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON).. -2018. – Washington DC, USA. -S. 3187-3192. . ISBN 978-1-5090-6683-4/18/.
- 31.Murrieta-Rico, F.N., Petranovskii, V., Galvan, D.H., Sergiyenko, O., Yocupicio-Gaxiola, R.I., De Dios Sanchez-Lopez, J. Phase effect in frequency measurements of a quartz crystal using the pulse coincidence principle. 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 185-190, 9152255, DOI: 10.1109/ISIE45063.2020.9152255
- 32.Oleksandr Sotnikov, Vladimir Kartashov, Oleksandr Tymochko, Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Paolo Mercorelli, Wendy Flores-Fuentes. Methods for Ensuring the Accuracy of Radiometric and Optoelectronic Navigation Systems of Flying Robots in a Developed Infrastructure. Chapter 16// Machine Vision and Navigation; Springer, Cham. pp.537–578. Editors: Sergiyenko, Oleg, Flores-Fuentes, Wendy, Mercorelli, Paolo. DOI: 10.1007/978-3-030-22587-2_16.
- 33.Optical detection of unmanned air vehicles on a video stream in a real-time/Kartashov, V., Oleynikov, V., Zubkov, O., Sheiko, S.// 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165362/

34. Principles Of Construction And Assessment Of Technical Characteristics Of Multi-Frequency Atmospheric Sodar In The Humidity Measurement Mode / Kartashov, V.M., Sidorov, G.I., Sheiko, S.A., Kolendovskaya, M.M., Sergienko, O.Yu. // Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i4.50, p. 323-333/
35. Research Of The Uncertainty Of Measurement Frequencies And Definitions Of The Frequency Signal In The Waveguide With Respect To Power / Semenets, V.Zakharov, I. Serhienko, M., Kartashov, V.M., Kolendovska, M., Hernandez, W., Hipolito, J.I.N., Tyrsa, V. // 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2019; Lisbon Congress Center Lisbon; Portugal; 14 October 2019 до 17 October 2019; CFP19IEC-ART; Код 155980, Volume 2019-October, October 2019, № 8927203, Pages 4674-4679
36. Spatial-Temporal Processing Of Acoustic Signals Of Unmanned Aerial Vehicles / Kartashov V.M., Oleinikov V.N., Zubkov O.V., Sheiko S.A., Kolendovska M.M. // Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/Telecomradeng.v79.i9.40, p. 769-780
37. Stereoscopic Vision Systems In Machine Vision, Models, And Applications (Book Chapter) / Ramírez-Hernández, L.R., Rodríguez-Quiñonez, J.C., Castro-Toscano, M.J., Kolendovska, M., Murrieta-Rico, F.N. // Machine Vision And Navigation, 2019 Machine Vision and Navigation 30 September 2019, Pages 241-265
38. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 16. // Biometrics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quiñonez. (341p.), IGI Global, 2017; pp. 361-381. DOI: 10.4018/978-1-5225-0983-7.ch016.

39. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 6// Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quinonez. (341p.) – USA, Herhey, IGI Global, 2016; pp.180-205.
40. Sytnik O., Kartashov V. Methods and Algorithms for Technical Vision in Radar Introspection. Chapter 13// Optoelectronics in Machine Vision-Based Theories and Applications. IGI Global, 2019; pp. 373-391.
41. The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal/Semenets, V., Kartashov, V., Sergiyenko, O., ...Rodriguez-Quinonez, J.C., Flores-Fuentes, W.//IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2020, 2020-June, p. 215-219
42. Unda, O.F., Hernandez, W., Vargas, O., Mendez, A., Sergiyenko, O., Tyrsa, V. Construction of a robotic platform of differential type for first-year students of electronic engineering, 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, 24-26 de junio de 2020, Sorrento, Italia, pp. 538-543, 9161870, DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161870
43. Use of Acoustic Signature for Detection, Recognition and Direction Finding of Small Unmanned Aerial Vehicles/Kartashov, V., Oleynikov, V., Koryttsev, I., ...Babkin, S., Selieznov, I.//Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020, 2020, p. 377-380/
44. V. Semenets; Vladimir Kartashov ; Oleg Sergiyenko; Vyacheslav Tikhonov ; Paolo Mercorelli ; Sergiy Sheiko ; Nataliya Chmelarova. "The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 215-219, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152238.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152238>

45. Wilmar Hernandez ; Alfredo Mendez ; Omar Flor-Unda ; Vicente Gonzalez-Posada ; Jose Luis Jimenez ; Oleg Sergiyenko ; Julio C. Rodriguez-Quiñonez ; Mykhailo Ivanov ; Ivan Menes Camejo ; Marina Kolendovska. "A comparative example between the use of PCA and MDS for image classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1353-1358, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152565.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152565>

46. Карташов В.М. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы; Харьков: ХНУРЭ, 2014. 312 с.

47. Карташов В.М., Олейников В.Н., Колендовская М.М., Тимошенко Л.П., Капуста А.И., Рыбников Н.В. Комплексирование изображений при обнаружении беспилотных летательных аппаратов// Радиотехника. (Харьков). 2020. Вып. 201; С.120-129.

48. Карташов В.М., Посошенко В.А., Цехмистро Р.И., Тимошенко Л.П., Колендовская М.М. Методы ориентации, навигации и контроля мобильных робототехнических платформ// Радиотехника. (Харьков). 2019. Вып. 199. С. 38-44.

49. Ситнік О.В., Карташов В.М. Радіотехнічні системи. Навч. посібник. Х.: Сміт, 2009. 448 с.