МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра радіоелектронних і комп’ютерних систем

Допустити до захисту

Завідувач кафедри
_____ доцент Оленич І. Б.
«____»_____ 2023 р.

Курсова робота

Магістр
(освітній ступінь)

Оптимізація галереї на основі аналізу подібних зображень.

Виконав:
Студент V курсу групи ФЕС-54
спеціальності 121 – Комп’ютерні науки

_____ Ясінський А. В.

Науковий керівник:
_____ Сінкевич О. О.
«____»_____ 2023 р.

Львів — 2023

АНОТАЦІЯ

Курсова робота студента групи ФеІ-54 Ясінського Андрія на тему «Оптимізація галереї на основі аналізу подібних зображень».

Дана робота присвячена оптимізації галереї на основі аналізу подібних зображень на мобільних пристроях. Зростаюча кількість фотографій, яку ми зберігаємо на своїх мобільних пристроях, створює проблеми ефективного управління та організації. Метою цієї роботи є розробка алгоритму, який може ідентифікувати та групувати фотографії, що мінімально відрізняються одна від одної, і пропонувати користувачу видалити дублікати. Модель реалізована з використанням інструменту TensorFlow та фреймворку Core ML. Програма реалізована в середовищі Xcode, мова програмування — Swift. Наведено результати реалізації програми.

Стор. – 40, рис. – 27, додаток – 3, джерел – 15.

Ключові слова: аналіз подібних зображень, штучний інтелект, машинне навчання, Swift, CoreML, Combine, SwiftUI, Apple.

SUMMARY

Coursework of the student of the FEI-54 group Andrii Yasinskyi on the topic "Gallery optimization based on analysis of similar images".

This paper focuses on gallery optimization based on the analysis of similar images on mobile devices. The growing number of photos we store on our mobile devices creates problems of efficient management and organization. The goal of this paper is to develop an algorithm that can identify and group photos that are minimally different from each other and suggest that the user delete duplicates. The model is implemented using the TensorFlow tool and the Core ML framework. The program is implemented in the Xcode environment, the programming language is Swift. The results of the program implementation are presented.

P. - 32, fig. - 27, application - 3, sources - 15.

Keywords: similar image analysis, artificial intelligence, machine learning, Swift, CoreML, Combine, SwiftUI, Apple.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ 5
ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ГАЛЕРЕЙ 8
1.1 Значення пошуку подібних зображень 8
1.2 Значення оптимізації галерей 8
2.3. Переваги та недоліки традиційних методи сортування та фільтрації 9
2.3.1 Класифікація за мітками або тегами 9
2.3.2 Використання метаданих 9
2.3.3 Сортування за назвою або датою 10
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПОДІБНИХ ЗОБРАЖЕНЬ 11
3.1. Опис методів порівняння зображень 11
3.1.1 Глобальні ознаки зображення 11
3.1.2 Локальні ознаки зображення 11
3.2. Вибір алгоритму порівняння зображень 12
3.2.1 Точність порівняння 13
3.2.2 Обчислювальна складність 13
3.2.3 Ресурсоємність 13
3.2.4 Врахування контексту 13
3.2.5 Наявність реалізації та досліджень 13
3.3. Оцінка подібності між зображеннями 14
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ ГАЛЕРЕЇ 18
4.1 Опис алгоритму оптимізації 18
ВИСНОВКИ 20
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 21
ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ 22

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

EM – Embedding Matrix (Вектор ознак)

DOT – Скалярний добуток

ВСТУП

У сучасному світі, коли власність над мобільними пристроями зростає, фотографії стають неодмінною частиною нашого повсякденного життя. Користувачі мобільних пристроїв зберігають тисячі зображень у своїх галереях, що часто веде до проблеми неефективного управління фотографіями. Пошук, сортування та організація великого обсягу зображень можуть бути складними завданнями для користувачів.

Одним з підходів до вирішення цієї проблеми є оптимізація галереї на основі аналізу подібних зображень. Ідея полягає в тому, щоб знайти фотографії, які мінімально відрізняються одна від одної, згрупувати їх та запропонувати видалити зайві. Це може допомогти зменшити дублікати, звільнити простір на пристрої та полегшити користувачам пошук та організацію своїх фотографій.

Метод дослідження: Дослідження методів та реалізація алгоритму оптимізації галереї на основі аналізу подібних зображень.

Мета роботи: Головна мета полягає в покращенні управління фотографіями у галереї на мобільному пристрої шляхом автоматичного виявлення та групування фотографій, які мають мінімальну відмінність між собою та пропозиція для видалення зайвих дублікатів.

Основні підмети досягнення мети дослідження включають:

1. Розробка алгоритму оптимізації галереї, який забезпечить автоматичне групування фотографій на основі їх подібності та виявлення дублікатів.
2. Реалізація розробленого алгоритму у вигляді мобільного додатку, який буде інтегрований з галереєю на мобільному пристрої та забезпечувати оптимізоване відображення фотографій.
3. Аналіз отриманих результатів та зроблення висновків про досягнення мети дослідження, виявлення його переваг та можливостей в практичній сфері.

В результаті дослідження очікується отримати ефективний алгоритм оптимізації галереї, який дозволить зробити управління фотографіями на мобільних пристроях зручнішим та ефективним. Крім того, робота сприятиме поглибленню розуміння методів порівняння зображень та їх застосування в області комп'ютерних наук.

Актуальність теми: оптимізація галереї на основі аналізу подібних зображень є дуже актуальною темою в сучасному цифровому світі, де мобільні пристрої є все більш поширеними та є невичерпним джерелом фотографій для користувачів. Незважаючи на зручність та доступність, накопичення великої кількості фотографій може створювати проблеми з організацією та управлінням ними.

Оптимізація галереї має вирішити цю проблему шляхом автоматичного виявлення та групування подібних зображень, а також видалення дублікатів. Це стає все більш важливим, оскільки користувачі витрачають значну кількість часу на пошук конкретних фотографій та використання значної кількості простору для зберігання непотрібних дублікатів.

Актуальність теми проявляється у контексті розвитку технологій комп'ютерного зору, машинного навчання та обробки зображень. Застосування цих технологій у сфері оптимізації галерей може привести до значного поліпшення в ефективності та точності порівняння та групування зображень.

Таким чином, дослідження та розробка алгоритмів оптимізації галереї на основі аналізу подібних зображень є актуальним завданням, яке може внести значний внесок у поліпшення управління фотографіями на мобільних пристроях та забезпечити зручну та ефективну організацію фотографій для користувачів.

Результати роботи:

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ГАЛЕРЕЙ

У цьому підрозділі буде проведений огляд значення пошуку подібних зображень та обгрунтована потреба у розробці нових методів, що базуються на аналізі подібних зображень, для покращення продуктивності та взаємодії користувачів з галереями.

1.1 Значення пошуку подібних зображень

Пошук подібних зображень має значення в різних сферах та існує безліч варіантів його використання. Метод відіграє важливу роль у оптимізації галерей та дозволяє покращити точність, якість та ефективність в різних областях, на приклад:

1. Пошук подібних зображень має велике значення для електронної комерції. Для прикладу, пошук подібних продуктів на основі зображень. Ще одним прикладом може стати підтримка чистоти каталогу товарів шляхом запобігання завантаженню кількох зображень одного й того ж продукту.

2. Сучасні цифрові архіви містьять мільйони сканованих документів, які є великими та безструктурними. Вручну присвоювати мітки для пошуку подібних документів забирає надзвичайно багато часу. Використання підходу глибокого навчання дозволяє уникнути необхідності присвоювати мітки зображенням.

3. Якісні тренувальні дані є ключовими для успішних проектів машинного навчання. Наявність дублікатів у тренувальних даних може призвести до некоректних результатів. Пошук подібних зображень може бути використаний для виявлення дублікатів у наборах даних.

1.2 Значення оптимізації галерей

Важливим завданням комп’ютерних наук та оптимізації даних є оптимізація галерей, що містять багато подібних зображень.

В сучасному світі все більше людей використовують мобільні пристрої замість повноцінних комп’ютерів. Щоденно ми робимо велику кількість зображень, а фото з новітніх камер займають все більше й більше памяті.

Надмірна кількість зображень на мобільному пристрої дуже швидко може зайняти всю вільну память.

Зростання обсягу цифрових зображень та їх доступність призводять до збільшення кількості зображень у галереях, що може призвести до погіршення користувацького досвіду та затримку у завантаженні сторінок.

Оптимізація галерей на основі аналізу подібних зображень дозволяє вирішити ці проблеми шляхом автоматичного видалення дублікатів або подібних зображень, групування зображень за схожістю та застосування ефективних методів сортування та фільтрації. Це сприяє більш ефективному використаню пам’яті, а саме: зниження обсягу даних для зберігання та передачі, а також поліпшенню взаємодії користувачів з галереями.

2.3. Переваги та недоліки традиційних методи сортування та фільтрації

Для задачі оптимізації галерей використовуються різноманітні традиційні методи сортування та фільтрації, що допомагають впоратися з великим обсягом зображень і покращити їх візуальну організацію. Найбільш поширеними які такі методи, як:

2.3.1 Класифікація за мітками або тегами

Один з традиційних методів сортування зображень полягає у використанні метатегів, таких як ключові слова або опис зображень. Цей підхід дозволяє встановлювати певні категорії та теги для зображень. Мітки можуть виставлятись автоматично за допомогою штучного інтелекту, або вручну. Однак метод вручного тегування зображень може бути часомістким та суб’єктивним. Сортування може проводитись за допомогою цих міток, що спрощує пошук певних типів зображень.

2.3.2 Використання метаданих

Іншим традиційним методом є використання метаданих, таких як розмір, роздільна здатність, камера, використані налаштування тощо. Цей підхід

простий у реалізації, але не завжди забезпечує ефективне сортування за візуальною схожістю. Недоліком цього підходу є відсутність універсального методу порівняння зображень, що може призвести до неточностей у сортуванні.

2.3.3 Сортування за назвою або датою

Зображення можуть бути сортовані за алфавітом за їхніми назвами або за датою створення/завантаження. Цей метод простий у реалізації, але не завжди ефективний у виявленні схожих зображень.

Дані методи сортування та фільтрації не завжди є ефективними у виявленні схожих зображень та не враховують вмістовну схожість. Тому, в контексті оптимізації галерей, дослідження нових методів, що базуються на аналізі подібних зображень, є необхідним для покращення якості та продуктивності галерей.

Останнім часом все більшу популярність здобувають методи, що використовують машинне навчання для оптимізації галерей. Вони базуються на аналізі великого обсягу даних та навчанні моделей, що здатні автоматично визначати подібні зображення. Це дозволяє автоматизувати процес сортування та фільтрації зображень, забезпечуючи більш точні результати. Однак, недоліком цього підходу є потреба у великій кількості данних для навчання моделей, а також висока обчислювальна складність алгоритмів машинного навчання.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПОДІБНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

3.1. Опис методів порівняння зображень

3.1.1 Глобальні ознаки зображення

Один з найпоширеніших методів порівняння зображень - це використання глобальних ознак зображень. В цьому підході зображення представляються числовими векторами, що описують їх характеристики, такі як колір, текстура, форма тощо. Для порівняння двох зображень використовуються метрики відстані, наприклад, евклідова відстань або косинусна схожість, які вимірюють різницю між їхніми числовими представленнями. Цей підхід (рис. 3.1.1) [1] досить простий у реалізації, але може бути нечутливим до незначних змін у зображеннях та не забезпечувати досить точне визначення подібності.

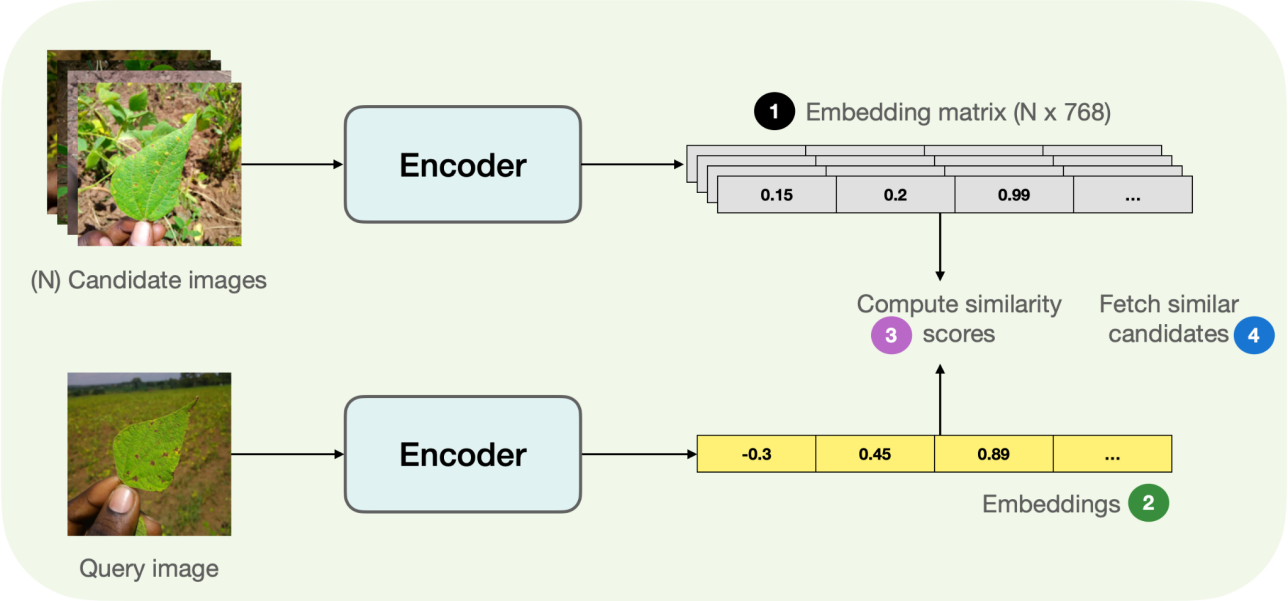

Рисунок 3.1.1 — Алгоритм порівняння зображень

3.1.2 Локальні ознаки зображення

Ще одним підходом є використання локальних ознак зображень. Зображення розбиваються на менші частини, наприклад, на ключові точки або паттерни, і для кожної частини обчислюються її ознаки. Потім порівнюються

ознаки між двома зображеннями для визначення їхньої подібності. Цей підхід дозволяє більш точно виявити подібні області та ігнорувати різницю в інших частинах зображень. Для порівняння локальних ознак використовуються методи, такі як SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) (рис. 3.1.2) [2], SURF (Speeded-Up Robust Features) або ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF).

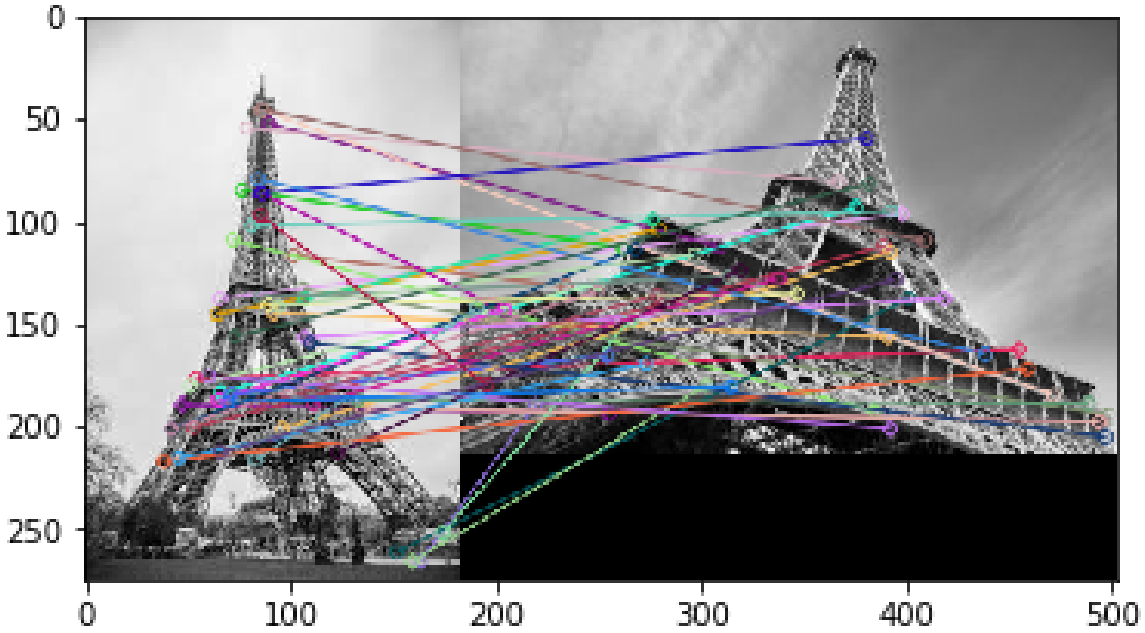

Рисунок 3.1.2 — Алгоритм порівняння зображень

Крім того, існують методи, які комбінують глобальні та локальні ознаки для більш точного порівняння зображень. Наприклад, методи, які використовують нейронні мережі, можуть виявляти складні залежності між ознаками та здатні досягати високої точності визначення подібності.

3.2. Вибір алгоритму порівняння зображень

Враховуючи огляд методів порівняння зображень, проведений у пункті 3.1, необхідно вибрати алгоритм, який найкраще відповідає поставленим завданням та має найкращу ефективність.

При виборі алгоритму порівняння зображень слід враховувати наступні фактори:

3.2.1 Точність порівняння

Алгоритм повинен забезпечувати достатню точність при визначенні ступеня схожості між зображеннями. Важливо, щоб алгоритм був здатний виявляти подібність навіть у випадку невеликих змін в зображеннях, наприклад, різниця в освітленні або позі.

3.2.2 Обчислювальна складність

Алгоритм повинен бути ефективним з точки зору обчислювальних ресурсів, особливо якщо має бути використаний у реальному часі або для великих обсягів даних. Важливо оцінити час виконання алгоритму та його можливість масштабування.

3.2.3 Ресурсоємність

Алгоритм повинен ефективно використовувати ресурси, такі як пам'ять та обсяг даних для навчання. Для методів машинного навчання важливо мати достатню кількість прикладів для навчання та забезпечувати швидке навчання та інференс.

3.2.4 Врахування контексту

Алгоритм повинен брати до уваги контекст галереї та специфіку застосування. Наприклад, якщо оптимізація галереї передбачає кластеризацію або групування зображень, алгоритм повинен забезпечувати можливість врахування цих факторів.

3.2.5 Наявність реалізації та досліджень

Важливо оцінити наявність реалізованих алгоритмів та результатів досліджень, які вже застосовуються у схожих областях. Це може забезпечити певний рівень гарантії щодо ефективності та працездатності обраного алгоритму.

3.3. Оцінка подібності між зображеннями

Одним з найпоширеніших методів є обчислення відстані між числовими представленнями зображень, отриманими за допомогою вибраного алгоритму. Наприклад, якщо використовується глобальний підхід, можна порівняти числові вектори ознак (EM), що представляють кольори, текстури, форми тощо, і обчислити евклідову відстань між ними. Ця відстань відображає ступінь схожості між зображеннями, де менша відстань вказує на більшу подібність.

Для пояснення алгоритму спростимо задачу до трьох мірного простору. Уявімо декартову систему координат із трьома осями x, y та z і припустимо, що вектор ознак має довжину 3 елементи замість 1280. Візьмемо такі вектори ознак для 3 зображень, представлених у цій системі координат (рис. 3.3.2).

- кішка [0,1, 0,1, 0,2] (синя точка)
- кіт [0,2, 0,12, 0,2] (помаранчева точка)
- стіл [0,8, 0,6, 0,6] (зелена точка)

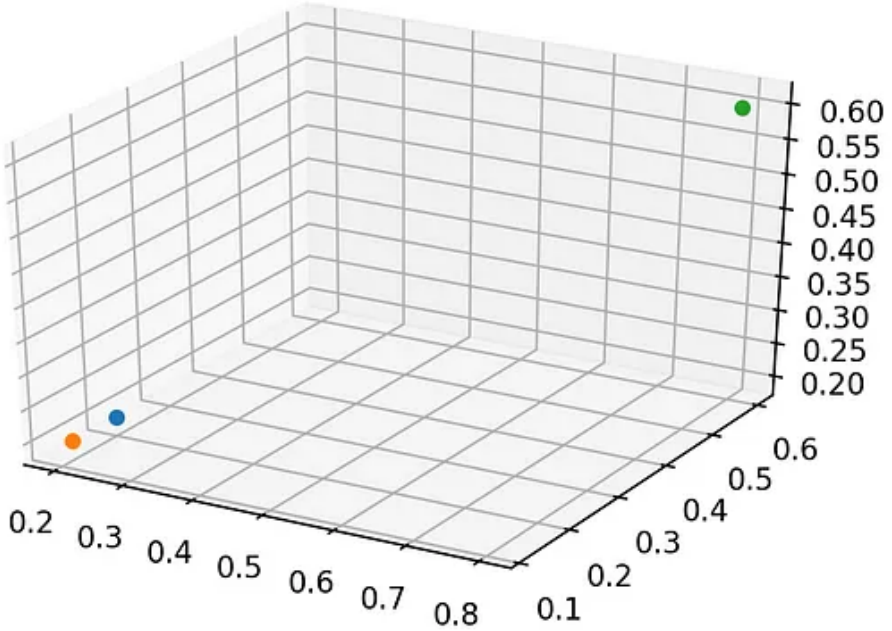

Рисунок 3.3.1 — Точки 3 векторів ознак для уявних зображень

Чітко видно, що відстань між котами (помаранчевий і синій) менша порівняно зі столом (зелений). Евклідова відстань добре працює, але не у всіх випадках.

Додамо два додаткових вектори ознак.

- мишка [0,8, 0,6, 0,6] (червона точка)
- кіт [0,2, 0,16, 0,2] (фіолетова точка)

Можна помітити (рис. 3.3.2), що мишка (червоний) знаходиться близько до кота (фіолетовий), і якщо ми виміряємо евклідову відстань, насправді вона навіть ближча, ніж інший кіт (синій). Потрібно взяти ще один фактор, щоб точно виміряти подібність.

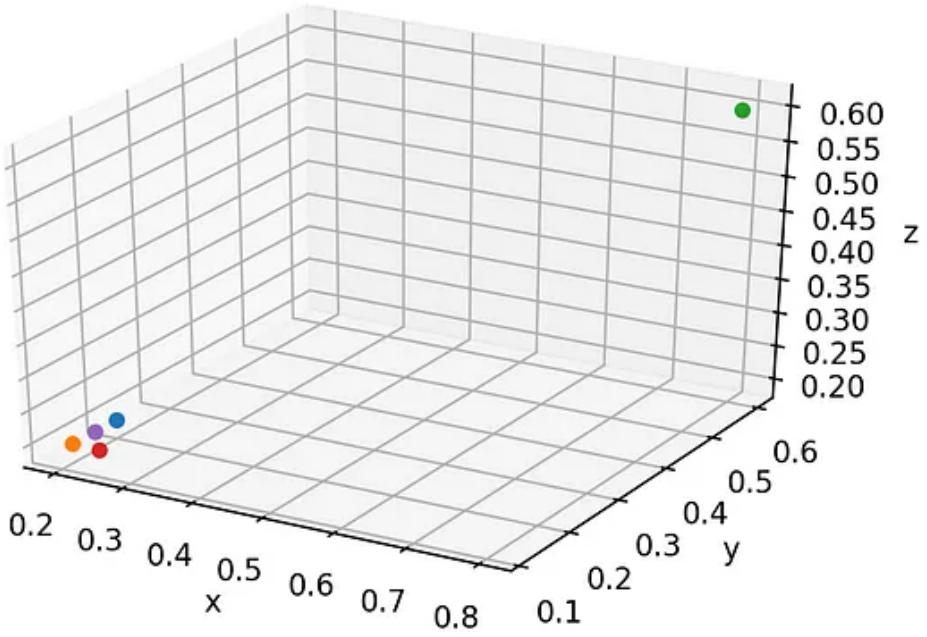

Рисунок 3.3.2 — Точки 5 векторів ознак для уявних зображень

Використаємо напрямок точок всередині системи координат.

Візуалізувавши напрям точок (рис. 3.3.3), стає більш зрозуміло, які зображення є дійсно схожими, а які ні. Схожі зображення знаходяться в одному напрямку.

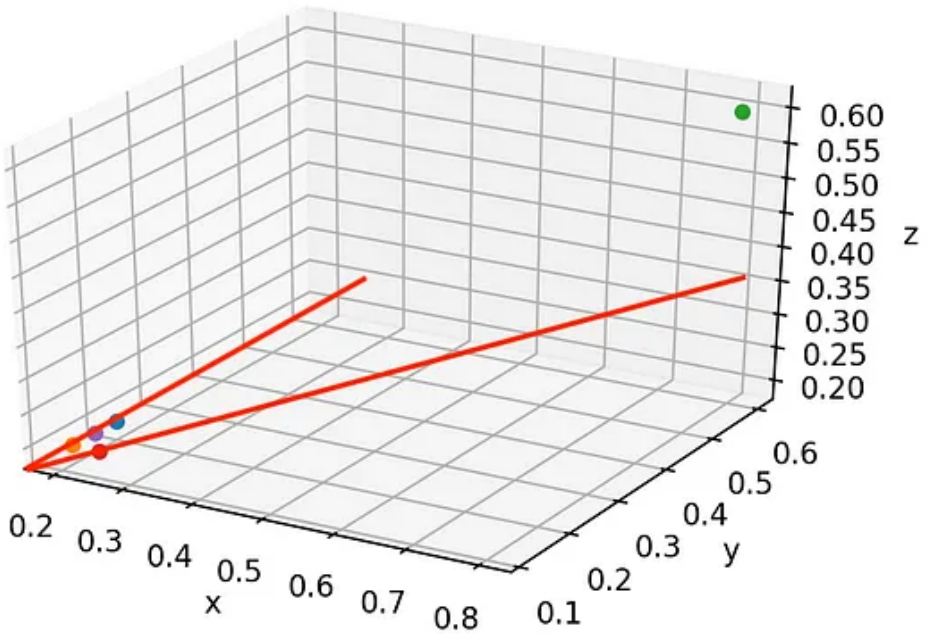

Рисунок 3.3.3 — Напрям точок всередині с-ми координат

Скалярний добуток (dot) порівняно з евклідовою відстанню використовує відстань і додатково напрямок для обчислення подібності.

Чим менше значення , тим більше схожі зображення. Можна побачити (рис. 3.3.3), що коти дуже близько один до одного зі значенням 0,345. У той час як коти порівнювалися з ракетою з більш високим значенням 0,731 і 0,690, що означає меншу схожість.

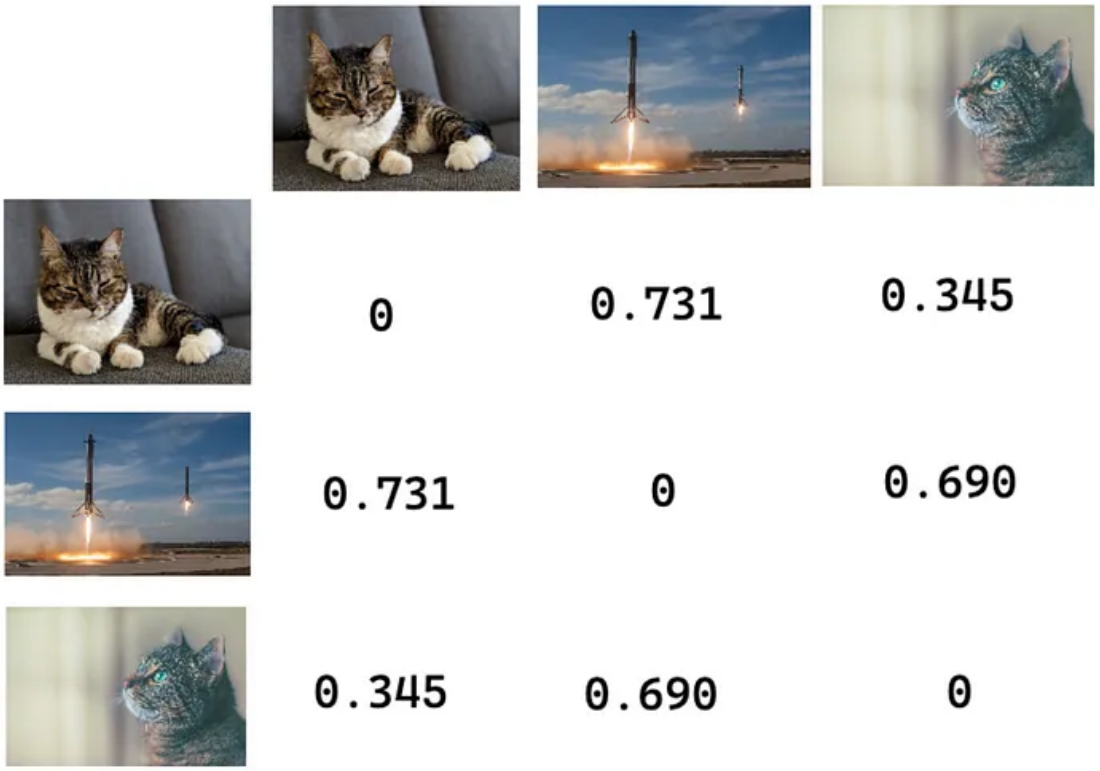

Рисунок 3.3.4 — Матриця порівняння схожих зображень

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ ГАЛЕРЕЇ

4.1 Опис алгоритму оптимізації

По-перше, поняття подібності не є чітко визначеним і може тлумачитися багатьма способами. Для нашої задачі, визначимо, що два зображення можна вважати подібними, якщо:

- вони відрізняються лише контрастністю, яскравістю та поворотом
- вони семантично ідентичні, тобто зображують однакові об’єкти

Нижче ми можемо побачити різні інтерпретації схожості зображення (рис. 4.1.1).

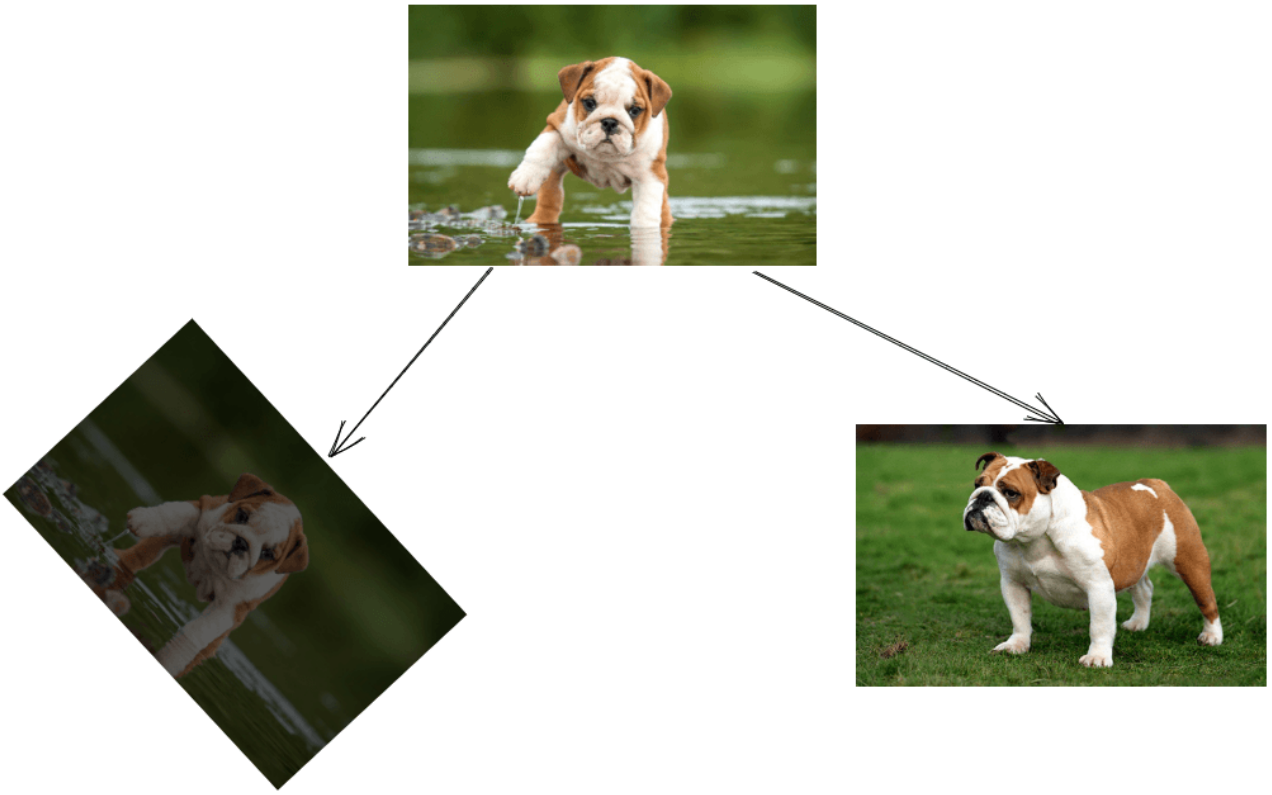

Рисунок 4.1.1 — Приклад подібних зображень

Насьогодення маючи на меті зробити знімок чогось, ми робимо кілька підряд та вибираємо кращий.

Оптимізація галереї має на меті знайти фотографії, які мінімально відрізняються одна від одної, згрупувати їх та запропонувати видалити зайві.

Оптимізація галереї на мобільному пристрої може бути здійснена за допомогою наступного алгоритму:

1. Завантаження фотографій

   Алгоритм розпочинається з завантаження фотографій з галереї на мобільному пристрої.

2. Витягнення ознак

   Для кожної фотографії витягуються характеристики або ознаки, що допоможуть порівняти їх між собою.

3. Порівняння ознак

   Отримані ознаки фотографій порівнюються між собою.

4. Групування фотографій

   На основі результатів порівняння фотографії групуються за ступенем подібності. Фотографії, які мають мінімальну різницю, згруповані разом.

5. Видалення дублікатів

   Зі згрупованих фотографій пропонується видалити дублікати або фотографії, які мінімально відрізняються одна від одної.

6. Відображення результатів

   Оптимізовані фотографії відображаються у галереї згруповані та без дублікатів. Користувач може легко переглядати та управляти фотографіями без зайвого завантаження простору на мобільному пристрої.

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Image Similarity with Hugging Face Datasets and Transformers [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://huggingface.co/blog/image-similarity
2. SIFT Algorithm | How to Use SIFT for Image Matching in Python [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/10/detailed-guide-powerful-sift-technique-image-matching-python/
3. Understanding Images in Vision Framework [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://developer.apple.com/videos/play/wwdc2019/222

ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ