

*Єрмолов О.О.,
магістрант,*

*Золотухіна О.А.,
старший викладач кафедри прикладної математики та інформатики,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»,*

*Костюкова Н.С.,
к.т.н., доцент кафедри прикладної математики та інформатики,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»*

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ НЕЧІТКИХ ДУБЛІКАТІВ ЗОБРАЖЕНЬ

В статті проведено аналіз функціональних можливостей існуючих десктопних та мобільних програмних систем для виділення дублікатів зображень, розглянуто та реалізовано алгоритм пошуку особливих точок зображення SURF, який базується на інтегральних зображеннях та використовує гессіан і дозволяє виявити дублікати, отримані в результаті різних перетворень. Описано мобільний додаток для пошуку дублікатів зображень для операційної системи Android «Fuzzy Duplicates Detector», розроблений мовою програмування Java у середовищі розробки Android Studio 2.0. Проведено тестування програмної системи для різних класів нечітких дублікатів зображень та різних параметрів роботи алгоритму.

Ключові слова: нечіткий дублікат, пошук зображень, мобільний додаток, SURF, гессіан, інтегральне зображення.

В статье выполнен анализ функциональных возможностей существующих десктопных и мобильных программных систем для выделения дубликатов изображений, рассмотрен и реализован алгоритм поиска особых точек изображения SURF, основанный на интегральных изображениях и использующий гессиан, который позволяет выявить дубликаты, полученные в результате различных преобразований. Описано мобильное приложение для поиска дубликатов изображений для операционной системы Android «Fuzzy Duplicates Detector», разработанное на языке программирования Java в среде разработки Android Studio 2.0. Проведено тестирование программной системы для различных классов нечетких дубликатов изображений и различных параметров работы алгоритма.

Ключевые слова: нечеткий дубликат, поиск изображений, мобильное приложение, SURF, гессиан, интегральное изображение.

Вступ. Актуальність реалізації швидкого та точного пошуку потрібних користувачу графічних даних обумовлена значною кількістю великих баз даних

зображень, створених як окремими користувачами, так і різними організаціями, а також постійним зростанням кількості зображень в мережі Інтернет.

Під нечіткими дублікатами розуміються зображення, які можуть бути переведені одне в одне шляхом таких перетворень, як поворот, зсув, зміна кута зору, зміна масштабу, зміна освітлення та інших. Такі зображення можуть бути отримані в результаті змінення умов їх зйомки або при редагуванні [1]. Задача пошуку нечітких дублікатів є нетривіальною – досі не існує універсальних методів та алгоритмів, що дозволяють безпомилково виявити дублікати нечітких зображень і при цьому мають незначну обчислювальну складність. Проблеми пошуку нечітких дублікатів обумовлені необхідністю представлення зображень у форматі, що містить в собі характерні ознаки зображення та є інваріантним до будь-яких потенційно складних фотометричних та геометричних перетворень.

В роботі описується реалізація одного з існуючих методів пошуку нечітких дублікатів зображень, а саме, методу SURF, який базується на виявленні особливих точок зображення. Програмна реалізація здійснена з використанням мови програмування Java та середовища розробки Android Studio 2.0. При розробці враховувалися стандарти та специфікації до проектування та розробки мобільних додатків на базі платформи Android.

Огляд існуючих програмних систем розпізнавання нечітких дублікатів зображень. На даний момент серед систем пошуку нечітких дублікатів зображень для платформи Android можна виділити наступні: Duplicate Photos Fixer, Duplicate Finder, DupPhoto Cleaner, Duplicate Media Remover (DMR), Duplnt [2-6]. Типовими функціями, реалізованими в системах, є пошук по всьому пристрої (в тому числі на SD-карті) або у вказаній директорії, можливість видалення дублікатів файлів, можливість запланованого сканування (кожен день, раз в тиждень), відображення інформації про кожен файл у списку знайдених дублікатів, можливість пошуку серед файлів вказаного типу та інші.

Порівняти можливості перерахованих програм можна за допомогою таблиці 1.

Таблиця 1. Можливості систем пошуку дублікатів зображень для платформи Android

| Система пошуку | Платформа | Інваріантність до | | Можливості розпізнавання | | |
|-------------------------|--------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------|--|
| | | змін характеристик кольору зображення | розмиття зображення | дублікати зображень різного масштабу | повороту | природні дублікати зі змінним ракурсом |
| Duplicate Photos Fixer | Android 4.0+ | так | так | ні | ні | ні |
| Duplicate Finder | Android 4.0+ | ні | ні | ні | ні | ні |
| Duplicate Media Remover | Android 2.3+ | так | так | ні | ні | так |
| DupPhoto Cleaner | Android 2.3+ | ні | ні | ні | ні | ні |
| DuplIt | Android 4.1+ | ні | так | так | ні | ні |

Серед подібного програмного забезпечення для інших платформ можна виділити веб- додатки Google и Yandex пошук по зображенням та Windows – додатки Image Comparer, Dup Detector, DupliFinder [7-9].

Вивчення існуючих програмних систем, що виконують пошук нечітких дублікатів зображень, дозволило сформулювати наступний перелік необхідних функцій розроблювальної програмної системи:

- пошук дублікатів обраного користувачем зображення (з можливістю вибору зразка для пошуку з файлу або з камери пристрою і налаштування чутливості пошуку дублікатів);
- вибір директорії для пошуку в ній дублікатів;
- відображення знайдених дублікатів для можливості порівняння їх користувачем;
- вибір дублікатів для видалення;
- групування знайдених дублікатів зображень.

Вказані функції мають бути реалізовані з дотриманням наступних системних вимог:

- зовнішня пам'ять, яку займає програма, не повинна перевищувати 10Мб;
- програма повинна підтримувати версії Android 4.0 та вище.

Відомості про розпізнавання нечітких дублікатів зображень. Нечіткі дублікати – це група зображень, які можуть бути переведені одне в одне шляхом елементарних перетворень, таких як поворот, зсув, зміна кута зору, зміна роздільності зображення, зміна масштабу або освітлення [10].

Природними нечіткими дублікатами є фотознімки і відеокадри однієї сцени, зроблені з різних ракурсів, при різному освітленні. Крім того, нечіткі дублікати виникають в результаті редагування зображень і, наприклад, при створенні колажів, такі дублікати називають штучними.

Складність завдання пошуку нечітких дублікатів обумовлена необхідністю представлення зображень у форматі, що забезпечує інваріантність по відношенню до потенційно складних геометричних і фотометричних перетворень. Для побудови моделі зображення можуть бути використані як глобальні, так і локальні властивості зображення [11]. Існуючі моделі, що засновані на глобальних властивостях зображення, в загальному випадку не гарантують ефективності ідентифікації нечітких дублікатів. Так, використання властивостей кольору, наприклад, матриці зміни яскравості, може призводити до помилок у разі зміни умов освітлення сцени або використання певних фільтрів. З іншого боку, використання характерних локальних ознак, стійких до геометричних і фотометричних перетворень, представляється більш прийнятною альтернативою. Одним з підходів, заснованих на використанні локальних властивостей зображень, є методи виявлення точкових особливостей. Точковою особливістю («точкою інтересу» або «особливою точкою») називається точка зображення, структура околиці якої коваріантна заданим перетворенням зображення. Для виявлення точкових особливостей існують методи-детектори. Результатом роботи детекторів є набір особливих

точок, для яких розраховуються дескриптори - вектори ознак, що описують структуру околиці точкової особливості. Набір дескрипторів згодом використовується для зіставлення зображень.

Для пошуку точкових особливостей в даній роботі був обраний метод SURF (Speeded-Up Robust Features) - стійкий детектор локальних особливостей, вперше представлений Гербертом Бейем і співавторами в 2006 році [12]. В даному методі для прискорення пошуку особливих точок використовуються інтегральні представлення зображення.

Властивості програмної системи. Архітектура розробленої програмної системи побудована за принципами архітектурного шаблону MVC (Model-View-Controller) [13] і наведена на рис.1.

Програмна система «Fuzzy Duplicates Finder» дозволяє користувачу почати пошук дублікатів зображення або групи дублікатів, причому зображення- зразок пошуку користувач може вибрати з файлу або зробити знімок. Після виконання пошуку, у випадку виявлення дублікатів, відображується група дублікатів (або декілька груп, якщо був обраний пошук груп дублікатів), зображення, які до неї входять, та середня схожість зображень між собою у відсотках (рис. 2).

Якість розпізнавання дублікатів зображень розробленою системою оцінювалась з урахуванням оцінок користувача.

Для оцінки використовувались окремі групи штучних та природних дублікатів та різні значення чутливості пошуку. Штучні дублікати були розділені за типом перетворень, що застосовувались для їх утворення: деформація, зміна кольору, розмиття, різкість, поворот, частина-ціле. Загалом для тестування використано 10 груп штучних дублікатів та 5 груп природних. Результати тестування наведено у таблицях 2, 3.

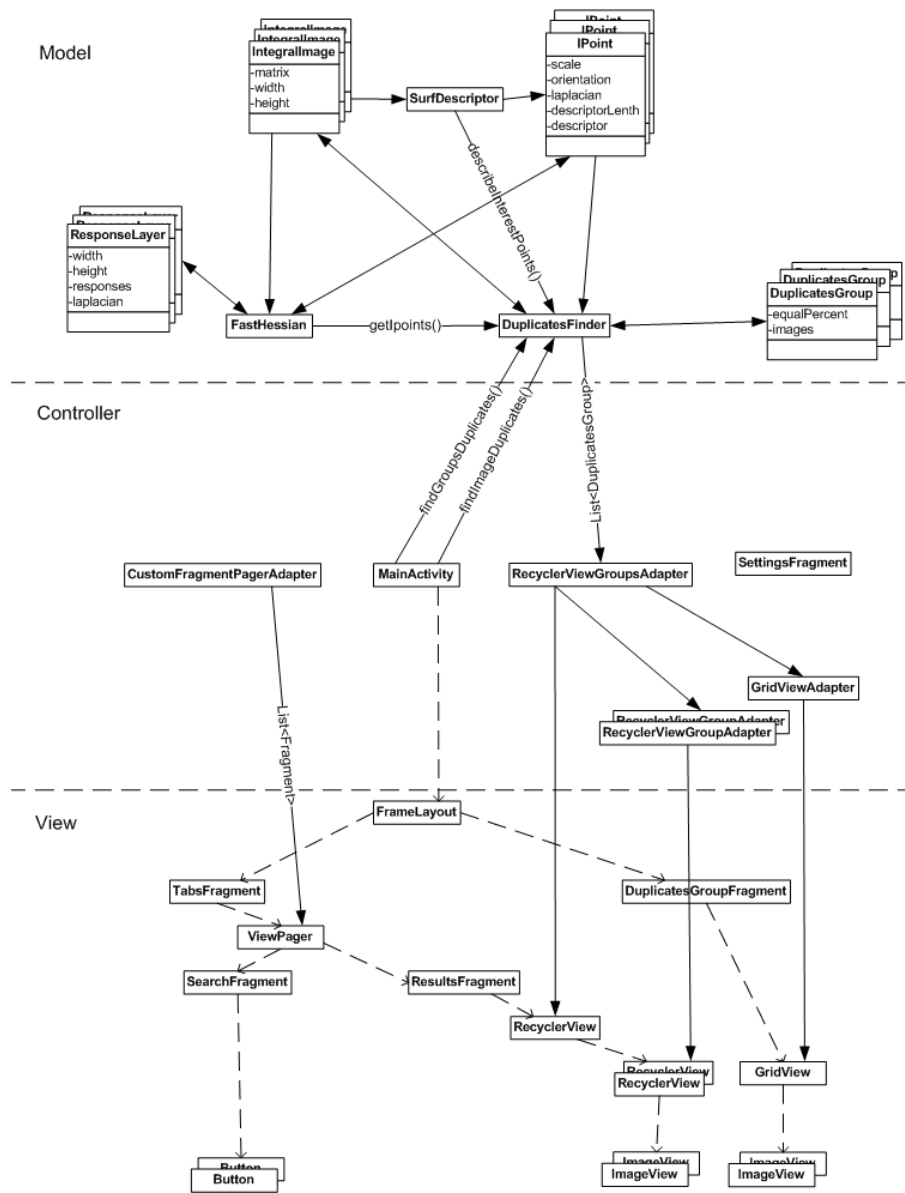


Рисунок 1 – Архітектура програмної системи.



Рисунок 2 – Знайдені групи дублікатів

З результатів тестування видно, що найгірше піддаються виділенню групи дублікатів, створені шляхом таких перетворень, як деформація, поворот, та розділення одного зображення на частини, а також природні дублікати з досить помітними змінами сцени. Також під час тестування було виявлено ступіть залежності кількості розпізнаних дублікатів від порогу чутливості пошуку (рис. 3).

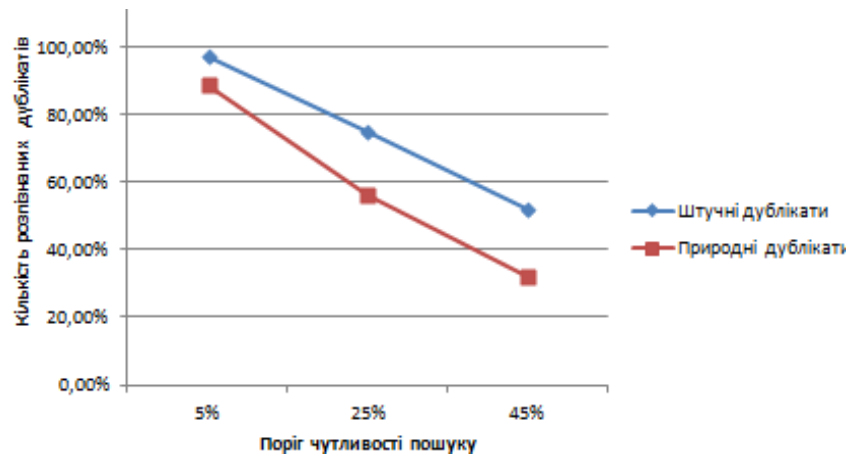


Рисунок 3 – Залежність кількості розпізнаних дублікатів від порогу чутливості пошуку

Таблиця 2. Результати пошуку штучних дублікатів

| № групи | Тип перетворення | Чутливість пошуку | | | | | | | | |
|---------|------------------|--|--------|--------------|--------------------------------|--------|--------------|--|--------|--------------|
| | | 5% | | | 25% | | | 45% | | |
| | | Кількість виявлених дублікатів (шт./%) | | Збіг (шт./%) | Кількість виявлених дублікатів | | Збіг (шт./%) | Кількість виявлених дублікатів (шт./%) | | Збіг (шт./%) |
| | | Програма | Людина | | Програма | Людина | | Програма | Людина | |
| 1 | Зміна кольору | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% |
| 2 | Деформація | 6/100% | 6/100% | 6/100% | 2/33% | 6/100% | 2/33% | 0/0% | 6/100% | 0/0% |
| 3 | Зміна розміру | 3/100% | 3/100% | 3/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 3/100% | 3/100% | 3/100% |
| 4 | Поворот | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 1/25% | 4/100% | 1/25% | 1/25% | 4/100% | 1/25% |
| 5 | Розмиття | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 2/50% | 4/100% | 2/50% |
| 6 | Поворот | 5/100% | 5/100% | 5/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 1/20% | 4/100% | 1/20% |
| 7 | Різкість | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% | 4/100% |
| 8 | Зміна кольору | 5/100% | 5/100% | 5/100% | 5/100% | 5/100% | 5/100% | 5/100% | 5/100% | 5/100% |
| 9 | Поворот | 3/100% | 3/100% | 3/100% | 2/67% | 3/100% | 2/67% | 3/33% | 3/100% | 3/33% |
| 10 | Частина-ціле | 3/75% | 4/100% | 3/75% | 1/25% | 4/100% | 1/25% | 0/0% | 4/100% | 0/0% |
| | | Середній збіг: | | 97.5% | Середній збіг: | | 75 % | Середній збіг: | | 52.8% |

Таблиця 3. Результати пошуку природних дублікатів

| № групи | Чутливість пошуку | | | | | | | | |
|---------|--|--------|--------------|--|--------|--------------|--|--------|--------------|
| | 5% | | | 25% | | | 45% | | |
| | Кількість виявлених дублікатів (шт./%) | | Збіг (шт./%) | Кількість виявлених дублікатів (шт./%) | | Збіг (шт./%) | Кількість виявлених дублікатів (шт./%) | | Збіг (шт./%) |
| | Програма | Людина | | Програма | Людина | | Програма | Людина | |
| 1 | 9/100% | 9/100% | 9/100% | 7/78% | 9/100% | 7/78% | 0/0% | 9/100% | 0/0% |
| 2 | 2/28% | 5/71% | 4/57% | 0/0% | 5/71% | 2/28% | 0/0% | 5/71% | 2/28% |
| 3 | 3/100% | 3/100% | 3/100% | 2/67% | 3/100% | 2/67% | 2/67% | 3/100% | 2/67% |
| 4 | 6/100% | 6/100% | 6/100% | 4/67% | 6/100% | 4/67% | 2/33% | 6/100% | 2/33% |
| 5 | 2/17% | 9/75% | 6/50% | 1/1% | 9/75% | 5/42% | 0/0% | 9/75% | 4/33% |
| | Середній збіг: | | 89.2% | Середній збіг: | | 56.4% | Середній збіг: | | 32.2% |

Висновки

Проведений аналіз функціональних можливостей існуючих десктопних та мобільних програмних систем для виділення дублікатів зображень показав, що сучасні десктопні додатки в більшості випадків дозволяють визначити штучні та природні дублікати з досить високою мірою відповідності до інтерпретації людиною. Мобільні програмні системи значно поступаються десктопним у функціональних можливостях та якості розпізнавання навіть штучних дублікатів, до яких було застосовано перетворення зсуву, масштабування, повороту, зміни кольорових характеристик зображення.

В роботі було розглянуто та реалізовано алгоритм пошуку особливих точок зображення SURF, який базується на інтегральних зображеннях та використовує гессіан і дозволяє виявити дублікати, отримані в результаті перетворень наступних типів: зсув, поворот, деформація, зміна кольорових характеристик, зміна масштабу для штучних дублікатів та незначної зміни сцени та кута зору для природних дублікатів. Описано мобільний додаток для пошуку дублікатів зображень для операційної системи Android «Fuzzy Duplicates Detector», розроблений мовою програмування Java у середовищі розробки Android Studio 2.0. Проведено тестування програмної системи для різних класів нечітких дублікатів зображень та різних параметрів роботи алгоритму.

В ході тестування система показала досить високі результати при розпізнаванні природних та штучних дублікатів. Проте було виявлено невеликі похибки при розпізнаванні деяких зображень під різними кутами повороту та природних дублікатів зі значними змінами сцени. Найвищі показники правильного розпізнавання дублікатів були зафіксовані при порозі чутливості пошуку 5%.

Література

1. Глумов Н.И. Поиск дубликатов на цифровых изображениях / Н.И. Глумов, А.В. Кузнецов, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 3. – С. 360-367.

2. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.systweak.duplicatephotofixer&hl=en>
3. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vistrav.duplicateimagefinder&hl=en>
4. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.grishinapp.duplicatephotoscanner&hl=en>
5. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.torcellite.whatsappduplicatemediaremoover&hl=en>
6. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.noon.duplt&hl=en>
7. <http://www.imagecomparer.com/>
8. <http://www.freeware-guide.com/rareware/DupDetector.html>
9. <https://duplifinder.codeplex.com/>
10. Пименов В.Ю. Метод поиска нечетких дубликатов изображений на основе выявления точечных особенностей // Труды семинара РОМИП 2007-2008. СПб.: НУ ЦСИ, 2008. С. 145-159.
11. Анализ изображений и видео [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://compsscicenter.ru/media/slides/images_and_video_1_2015_autumn/2015_10_12_images_and_video_1_2015_autumn.pdf
12. Speeded-Up Robust Features [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ftp://ftp.vision.ee.ethz.ch/publications/articles/eth_biwi_00517.pdf
13. MVC Architecture – Google Chrome [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.chrome.com/apps/app_frameworks