

УДК 681.3

Порівняння результатів пошуку зображень при використанні для виділення об'єктів рекурсивного і хвильового методів

Костюкова Н.С., Похиль М.Ю.

Донецький національний технічний університет
shozda@r5.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Kostyukova N.S., Pokhil M.Y. Comparison of image retrieval results with recursive and wave methods for object detection. In this article capabilities of recursive and wave methods for objects detections in content-based image retrieval are analyzed. Experimental estimation of time and memory expenses are performed.

Вступ

Пошук зображень в графічних базах даних (БД) є дуже складною операцією через великий об'єм таких БД і їх неструктурованість. Очевидно, що звести ступінь подоби двох зображень до аналітичного виразу у виді деякої формальної системи практично неможливо, оскільки неоднозначним є саме поняття подібності зображень. На початку досліджень кожне зображення супроводжувалось текстовою анотацією, за змістом якої й виконувався пошук. Недоліки такого підходу полягали в наступному. По-перше, зміст текстової анотації визначається особою, що її складає, і може описувати зображення не повністю. По-друге, не завжди є можливість таку анотацію скласти. Крім того, зазвичай в базі даних зображень немає словника, що втілює в собі ідеї користувача, і дуже рідко є можливість унікальний опис зіставити з конкретним зображенням.

Іншим підходом до розв'язання цієї проблеми є контекстний пошук [1], коли опис вмісту зображення виконується автоматично, шляхом обчислення формальних ознак вмісту – візуальних характеристик. У запиті вказуються візуальні характеристики зображення - зразка пошуку. Після виконання пошуку користувачеві пропонується набір зображень, що в найбільшій мірі задовольняють запити.

Основною рисою контекстного пошуку є безпосереднє порівняння не зображень, а візуальних характеристик зображень, що описують колір, текстуру, взаємне розташування зафарбованих областей [1].

Аналіз існуючих систем контекстного пошуку зображень показує, що найбільш проблематичною є реалізація пошуку, який враховує розташування зафарбованих областей всередині зображення [1].

Мета статті полягає в огляді і порівнянні методів для пошуку зображень на підставі їхнього

вмісту з урахуванням розташування об'єктів, зокрема, методів, що використовують для виділення об'єктів хвильовий та рекурсивний методи. Для досягнення цієї мети було створено програмну систему, в якій виконується виділення характеристик об'єкту (відносна площа об'єкту, центр мас, колір та обмежуючий прямокутник), виділення меж об'єкта, формування описів об'єктів, порівняння описів об'єктів, оцінка якості пошуку зображень, а також проведений аналіз результатів пошуку.

Дослідження в області пошуку зображень

Проблеми, пов'язані з використанням під час пошуку текстових анотацій, обумовили розробку механізму пошуку зображення на основі вмісту [7, 8, 9]. В таких механізмах пошуку кожне зображення описується такими характеристиками, як колір, текстура, форма або позиція [7, 8, 9]. Ця область стала швидко і активно досліджуватися з 90-х років.

Ранні роботи по пошуку зображень з'явилися вже в другій половині 70-х років. В 1979 році у Флоренції відбулася конференція «Технічна сторона бази даних для ілюстрованих застосувань» (Database Techniques for Pictorial Applications). З того часу ця проблема постійно привертає до себе увагу дослідників. Раніше технічна сторона базувалася на текстовому описі зображень, а не на візуальних характеристиках [3]. При наявності текстових описів зображення могли бути організованими за темами. Проте, оскільки автоматична генерація текстових описів для широкого спектру зображень неможлива, то значною мірою пошук зображень, заснований на текстовому описі, потребує приміток, зроблених людиною. Очевидно, що ця частина роботи громіздка і вимагає великих витрат часу для великих БД і в більшості випадків результат є суб'єктивним і недосконалим.

В результаті, для звичайних методів, заснованих на текстовому описі, дуже важко підтримувати різноманітність запитів.

На початку 90-х років, з розповсюдженням Інтернету, зріс об'єм цифрових зображень, створених освітніми, науковими, медичними і іншими програмами. В 1992 році National Science Foundation в США організувало проект по управлінню інформаційними системами для пошуку нових напрямів в системах управління БД зображень.

З 1997 року відбувся зріст дослідницьких публікацій відносно витягу візуальної інформації, індексації, організації, запитів користувача. З'явилося багато систем пошуку, розроблених урядовими організаціями, компаніями, університетами і медичними закладами. Серед них можна виділити Virage, QBIC, VisualSeek [2]. Пошук зображень на основі вмісту використовує візуальний зміст зображення – колір, форму, текстуру і просторове розташування [3, 6].

Задача пошуку зображень на підставі їхнього вмісту з урахуванням форми об'єктів

Постановка задачі пошуку в базі даних зображень, схожих на заданий зразок, приведена в [11]. За умов урахування інформації про об'єкти всередині зображення характеристика вмісту має включати опис таких об'єктів.

Одержання формального опису зображень являє собою задачу переходу від набору найпростіших ознак зображення, таких, як значення яскравості, параметри текстури чи контурні точки, до значно меншого набору засобів опису, що можуть служити в якості вихідних даних для наступної семантичної інтерпретації. Типовими засобами опису є ланцюжки контурних точок, що утворюють межі об'єкта, зв'язані області постійної яскравості, або кольори [2].

Чільне місце в процесі пошуку зображень за їх вмістом посідає задача виділення контурів елементів зображення. Цей процес має виконуватись як при пошуку за заданим зразком, так і на етапі занесення нового зображення. В першому випадку має бути сформований файл з описом вмісту зображення для подальшого використання в процесі пошуку, у другому ж випадку сформований опис використовується для порівняння з аналогічними описами інших зображень, занесеними до БД. Таким чином, в обох випадках вхідними даними для задачі виділення контурів є растрове зображення, вихідними – опис об'єктів, що складають це зображення.

При аналізі алгоритмів пошуку зображень виділяються наступні задачі, що потребують розв'язання:

- побудова опису зображення;
- обробка граничної точки об'єкту;
- обробки точки, що належить об'єкту;
- перерахунок всіх характеристик об'єкту;

- порівняння кольорів об'єктів;
- порівняння центрів об'єктів;
- пошук зображення;
- порівняння двох об'єктів;
- обчислення коефіцієнта подібності двох зображень;
- обхід об'єктів по контуру.

При побудові опису зображення виділяють загальні характеристики і характеристики об'єктів зображення. Для цього в зображенні виділяються монотонні безперервні області – об'єкти. Для кожного об'єкту визначаються наступні характеристики:

- відносна площа об'єкту (яка дорівнює відношенню кількості пікселів об'єкту і кількості пікселів в зображенні)
- колір об'єкту;
- координати центру мас об'єкту (за умови, що кожний піксель зображення має масу 1)
- обмежуючий прямокутник об'єкту (сторони цього прямокутника торкаються самих крайніх точок об'єкту).

Граничні точки призначені для визначення обмежуючого прямокутника для об'єкта.

Точки, що належать об'єкту, використовуються для обчислення відносної площі і координат центру об'єкту.

При пошуку зображення спочатку для кожного зображення в базі даних будується опис вмісту. Для зображення – зразка також будується його опис. При пошуку відбувається порівняння опису шуканого зображення з описами всіх зображень з БД. При цьому будується список результатів порівняння, в якому зберігаються «посилання» на подібні до зразка зображення, відсортовані по убутанню.

Методи виділення об'єктів, що використовуються в процесі пошуку зображень

Виділення об'єктів і визначення характеристик об'єктів з використанням рекурсивного методу пошуку зв'язних груп описується як процес пошуку виходу з лабіринту [10].

Оскільки об'єкти описуються замкнутими контурами, то, якщо запустити скануючу точку, яка буде рухатись по алгоритму пошуку виходу з лабіринту, то вона пройде уздовж всього контуру об'єкту і повернеться у вихідну позицію. Таким чином, можна отримати повний опис контуру об'єкта. Зі скануючої точки випускаються промені в 4-напрямах (в 2-х вертикальних і 2-х горизонтальних напрямках), які зафарбовують незаповнені області об'єкту, що виділяється, аж до зустрічі межі об'єкту. Кожна точка, яка зафарбовується, обробляється спеціальним чином. В результаті цієї обробки будуть отримані

характеристики об'єкту, що виділяється

Хвильовий метод отримав свою назву з тієї причини, що кожна з ітерацій його роботи нагадує хвилю, що піднялася на поверхні води від каменя, що впав в неї. Хвилі розходяться від точки падіння каменя радіально у вигляді концентричних кіл. Аналогічним чином відбувається обхід пікселів і в алгоритмі хвильового пошуку. З точки, де розташований поточний піксель, запускається хвиля у всіх напрямках, число яких залежить від вибраного типу зв'язності (4-зв'язний, 8-зв'язний) [10]. Для всіх пікселів, які досягаються хвилею в поточній ітерації, проводиться перевірка умов наявності одиниці в масці руху і відсутності позначки про входження в інший об'єкт. Всі пікселі, що успішно пройшли перевірку, заносяться в масив. На наступній ітерації хвиля запускається зі всіх пікселів, що містяться в масиві. Масив очищається, і в нього заносяться пікселі, знов досягнуті хвилею. Всі оброблені пікселі позначаються як ті, що увійшли до поточної групи. При реалізації даного алгоритму зручно мати масив змінної довжини для приміщення в нього пікселів хвилі на поточній ітерації, або наперед обчислювати максимально допустимий розмір цього масиву.

Обробка маски, показаної на рис. 1, алгоритмом хвильового пошуку проілюстрована на рис. 2. Як видно, пошук йде одночасно у всіх можливих напрямках, визначуваних вибраним типом зв'язності (тут 8-зв'язне сусідство), що істотно скорочує кількість ітерацій пошуку і витрати пам'яті на зберігання проміжних результатів між ітераціями. Алгоритм виконується до тих пір, поки на черговому кроці масив містить хоч би один піксель, з якого запускається нова хвиля.

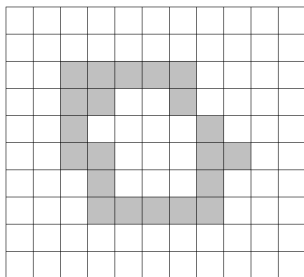


Рисунок 1 – Маска початкового зображення

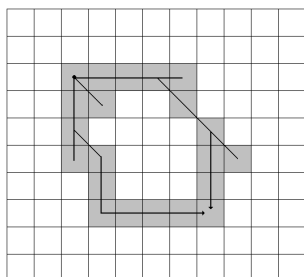


Рисунок 2 – Приклад роботи хвильового алгоритму пошуку зв'язних груп пікселів

Реалізація методів

При тестуванні продукту використовувалися зображення декількох різновидів.

В першу групу об'єднані зображення, що містять прості фігури, в основному одного відтінку кольору в невеликих кількостях.

Другу групу утворюють зображення комп'ютерного характеру, які були безпосередньо створені або намальовані за допомогою пакетів графічних редакторів.

Третя група складається з від сканованих кольорових фотографій, отриманих за допомогою скануючого пристрою Hewlett Packard Scanjet 2400.

Тестування проводилося на двох різних конфігураціях тестового стенду з використанням в програмі двох методів пошуку з урахуванням форми і розташування об'єктів в цифрових колекціях зображень (рекурсивний алгоритм пошуку зв'язних груп і хвильовий пошук) із застосуванням таймера часу і диспетчера завдань Microsoft Windows XP.

Перша тестова конфігурація комп'ютера включає процесор Intel Pentium III 1Ghz, оперативну пам'ять Samsung 768Mb (3 x 256 Mb), жорсткий диск – 80Gb Hitachi 7200 о/м. Друга тестова конфігурація складається з процесору AMD Athlon(tm) 64 3200+ 2,1 Ghz, оперативної пам'яті 512Mb(2 x 256 Mb), жорсткого диску 80Gb Samsung 7200 о/м.

Об'єм оперативної пам'яті, що використовується при виконанні пошуку, оцінювався як різниця між об'ємами витраченої оперативної пам'яті при виконанні пошуку і простої. Також оцінювались час пошуку і завантаженість процесора.

Для рекурсивного методу при реалізації отримано наступні характеристики. Для першого набору зображень об'єм витраченої оперативної пам'яті склав 0,02 Мб, а час порівняння – 4 с при завантаженості процесора 99% на першій конфігурації і 2 сек при завантаженості процесора на 6% на другій конфігурації. Для другого набору зображень час порівняння всіх зображень між собою становив 18 хв 07 сек при завантаженості процесора 99% на першій конфігурації і 5 хв 13 сек при завантаженості процесора на 99%, об'єм витраченої оперативної пам'яті – 0,5 Мб. Для третього набору зображень знадобилось 0,2 Мб оперативної пам'яті, а час порівняння всіх зображень між собою склав 4 сек при завантаженості процесора 99% на першій конфігурації і 2 сек при завантаженості процесора 6% на другій конфігурації.

Аналогічні результати були отримані при тестуванні хвильового методу. Так, для першого набору зображень об'єм витраченої оперативної пам'яті склав 0,1 Мб, а час порівняння – 4 с при завантаженості процесора 99% на першій

конфігурації і 2 сек при завантаженості процесора на 6% на другій конфігурації. Для другого набору зображень час порівняння всіх зображень між собою становив 17 хв 59 сек при завантаженості процесора 99% на першій конфігурації і 5 хв 11 сек при завантаженості процесора на 99%, об'єм витраченої оперативної пам'яті – 0,2 Мб. Для третього набору зображень знадобилось 0,1 Мб оперативної пам'яті, а час порівняння всіх зображень між собою склав 4 сек при завантаженості процесора 99% на першій конфігурації і 2 сек при завантаженості процесора 6% на другій конфігурації.

Окрім просторової і часової складності, оцінювалась якість пошуку шляхом порівняння характеристик точності (Precision) і ефективності (Recall). Перша з цих характеристик показує долю зображень, схожих на зразок, серед результатів пошуку, а друга відображує долю зображень, схожих на зразок, які були включені у склад результатів пошуку [11].

Після серії запитів було побудовано графік вказаних характеристик для реалізацій пошуку з використанням рекурсивного і хвильового методів виділення об'єктів (рис.3).

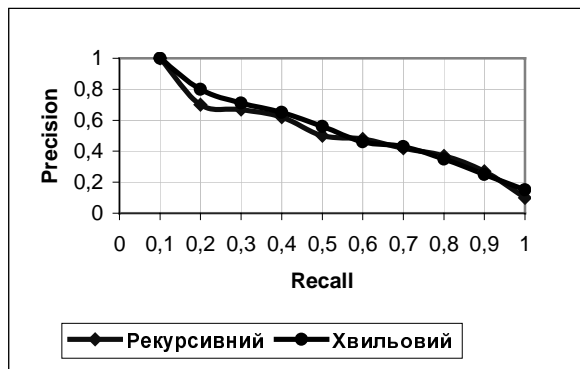


Рисунок 3 – Оцінки пошуку з використанням різних методів

Висновки

В роботі проаналізовано можливості використання хвильового і рекурсивного методів виділення об'єктів при створенні опису вмісту зображення в системах контекстного пошуку зображень. Експериментальним шляхом встановлено, що обидва методи мало відрізняються з точки зору якості пошуку зображення, витрат часу і пам'яті. Покращення характеристик апаратного забезпечення дає можливість прискорити процес пошуку, але для деяких класів зображень цей час залишається значним і не задовольняє умовам реального масштабу часу (від 0,1 до 0,5 с [4, 5]). Отже, слід продовжувати дослідження у напрямку скорочення обчислювальної складності методів, що використовуються, і застосування розпаралелювання для значного прискорення обчислень.

Література

1. Шозда Н.С. Сравнительный анализ систем контекстного поиска изображений. В кн.: Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: "Информатика, кибернетика и вычислительная техника". Выпуск 6. – Донецк: 1999. – с. 151-156.
2. Костюкова Н.С., Коршун А.Н., Корольчук Е.А. Выделение контуров объектов в растровых изображениях. В кн.: Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". Випуск 70. – Донецьк, 2003. – с.163-170.
3. Smith J. R., Chang S. – F.. Safe: A general framework for integrated spatial and feature image search// IEEE. Submitted Workshop on Multimedia Signal Processing. – Princeton, NJ, June, 1997.
4. Коутс Р., Влейминк И. Интерфейс «человек-компьютер»: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 501 с.
5. Fränti P., Ageenko E., Copylov P., Gröhn S., Berger F. Map Image Compression for Real-Time Applications [Електронний ресурс] // Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. – Ottawa, 2002 – Режим доступу: www.isprs.org/comission4/proceedings02/pdfpapers/054.pdf.
6. Aggarwal G. An image retrieval system with automatic query modification.//IEEE Multimedia, Vol 4, N2, 2002.–p.201-214.
7. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. с англ.– М.:Издательский дом «Вильямс», 2004.–928 с.
8. Гонсалес Р., Вудс Р, Эддинс С. "Цифровая обработка изображений в среде MATLAB." М.: Техносфера, 2006.
9. Стокман Д., Шапиро Л. Компьютерное зрение — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006.—752 с.
10. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. Т.1-2. М., Мир, 1982. – 1104 с.
11. Башков Е.А., Костюкова Н.С.. К оценке эффективности поиска изображений с использованием 2d – цветowych гистограмм.// Проблемы управления и информатики, №6, 2006. с.84-89

Надійшла до редколегії 05.03.2009