

Використання текстурних ознак вмісту для пошуку в колекціях оцифрованих зображень

Башков Є.О., Костюкова Н.С., Єлецький А.П., Шатілов О.Є.

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»
shozda@r5.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Kostykova N.S., Eletsky A.P., Shatilov O.E. Texture features using for retrieval in digital image collection. The article is devoted to the problem of content-based image retrieval by texture. Main aspects of image retrieval, notions about texture features extraction and comparison of texture histograms are described.

Вступ

Існування великих за обсягом колекцій оцифрованих зображень робить пошук в них однією з основних проблем для користувачів, що, в свою чергу, обумовлює необхідність розробки різноманітних систем пошуку зображень. Пошук, що виконується у традиційних базах даних за назвою, автором, темою й іншою текстовою інформацією, асоційованою з оцифрованими зображеннями колекції, є недостатнім. Інформація, яку людина одержує, дивлячись на картинку, варта багатьох тисяч слів. Деякі зображення взагалі важко описати словами (очевидний приклад - абстрактні картини), а неоднозначність відповідності між візуальним змістом і текстовим описом знижує показники точності і повноти пошуку. Користувачу електронної колекції повинна бути надана можливість будувати запити з використанням різних засобів визначення змісту зображень. Тільки при спільному використанні різних джерел інформації можливе одержання адекватного комплексного опису змісту зображення, придатного для організації ефективного пошуку даних із задовільними показниками повноти і точності.

Для аналізу зображень обчислюються й індексуються так звані метадані. Метадані — це такі характеристики зображення, що, по-перше, обчислюються ефективно на підставі комп'ютерного представлення візуальних даних, по-друге, можуть бути організовані в придатні для пошуку структури даних, по-третє, дають можливість обчислення числового виразу схожості двох зображень за будь-якою ознакою, що необхідно для організації пошуку. До таких метаданих відносяться колірні гистограма, а також середній і переважаючий кольори зображення,

характеристики форми, текстури. Отже, сучасна універсальна технологія доступу до колекцій зображень за візуальним змістом пов'язана із зіставленням зображенню набору візуальних примітивів (характеристик кольору, форми, текстури) і визначенням кількісної оцінки близькості зображень за значеннями примітивів.

Розробка методів пошуку зображень на підставі візуальних атрибутів є лише кроком на шляху вирішення головної задачі, яка полягає в створенні системи всебічного змістовного пошуку в електронних колекціях зображень з використанням різних джерел інформації — і автоматично обчислених найпростіших характеристик візуального змісту, і локалізованих найбільш цікавих для предметної області об'єктів.

Різними групами дослідників уже накопичений деякий досвід реалізації алгоритмів, що дозволяють автоматично описувати зображення в термінах атрибутів низького рівня абстракції - простих обчислюваних властивостей зображень, а також визначати міру їхньої відмінності. Підходи, описані в роботі, спираються на відомі результати і мають на меті подальший розвиток методів обчислення і зіставлення візуальних примітивів. Зокрема, розглядається пошук, який ґрунтується на текстурних ознаках зображення. Ці ознаки представляються у виді текстурних гістограм, що використовуються в процесі пошуку.

Існуючі системи пошуку

База даних зображень не завжди ґрунтується на використанні певної структури, способів доступу. Це може бути просто список файлів зображень, що розташовані на різних носіях чи взагалі в Інтернеті. Так, указавши потрібне зображення як мету пошуку, можна одержати список зображень найбільш схожих на зазначене. Технологічні досягнення останніх років наблизили можливість вирішення подібних задач. У ряді провідних компаній ведуться роботи зі створення нових алгоритмів і програмних засобів пошуку і розпізнавання зображень.

Варто зазначити, що публікації, присвячені створенню формального опису текстурного вмісту зображень, почали виходити досить давно [1], і до теперішнього часу цікавість до цього питання не зменшується. Протягом останніх років у корпорації ІВМ в рамках проекту QVІС [2] ведуться дослідження ефективності керування, організації і навігації по онлайн-колекціям зображень. У результаті створена система QVІС (Query By Image Content - запит по змісту зображень), що дозволяє виконувати запити до баз зображень по їх змісту. Цей зміст дається в термінах процентних співвідношень кольорів, місця розташування фрагментів різних кольорів на зображенні, його текстури і т.д. В системі можливо виконувати наступні способи пошуку зображень: спеціалізований запит (запит по змісту), для якого потрібно вибрати зображення-зразок із представленого переліку, щоб відшукати в графічній базі даних подібні з

ним зображення, або вести пошук за обраними характеристиками шуканого зображення (процентне співвідношення кольорів об'єктів на зображенні, місце розташування фрагментів зображення з обраними кольорами і текстурою), а також запит по ключових словах.

При формуванні запиту можна вказати URL-адресу зображення. Тоді як зразок для запиту буде обране зображення, розташоване за цією мережною адресою і результатом пошуку стануть усі зображення з бази даних, подібні зі зразком. Якщо ж використовувати ключові слова для пошуку, то система QVIC знайде набір зображень, упорядкованих по ступені їхньої близькості до заданого запиту (за правилом: чим більше збігів по ключових словах, тим краще). Крім того, реалізовано комбінований запит, що дозволяє спільно використовувати ключові слова і спеціалізовані ознаки зображення.

Окрім того, значний внесок у розвиток питань, пов'язаних з пошуком зображень, зробили дослідники Колумбійського університету (США), зокрема Дж.Сміт [3], компанія Virage Inc (США) та інші [4, 5, 6].

Поняття про текстуру і обчислення її ознак

Текстуру можна розділити на штучну і природну. Штучні текстури - це структури з графічних знаків, розташованих на нейтральному тлі. Такими знаками можуть бути відрізки лінії, крапки, зірочки чи букви і цифри. Природні текстури – це зображення природних сцен, що містять майже періодичні структури. Прикладами можуть служити фотографії цегельних стін, черепиці дахів, піску, трави і т.д.

Значна кількість дослідників намагалася дати якісне визначення текстури. Pickett дав таке формулювання: "текстура використовується для опису двовимірних масивів змін яскравості... Елементи текстури і правила їхньої просторової організації чи розташування можна довільно змінювати, якщо тільки залишаються незмінними характеристики повторюваності змін яскравості" [1]. Hawkins дав більш докладний опис текстури: "Очевидно, текстура охоплює наступні властивості зображення: по-перше, у ньому можна знайти фрагмент, "рисунок" якого регулярно повторюється в межах області, що велика в порівнянні з розміром фрагмента; по-друге, цей "рисунок" утвориться елементарними складовими частинами фрагмента, розміщеними в деякому не випадковому порядку; по-третє, елементарні частини - це приблизно однорідні одиниці, що мають приблизно однакову форму у всій текстурній області" [7]. Хоча ці описи текстури є зрозумілими, вони не приводять безпосередньо до простих кількісних ознак текстури.

Текстура часто описується якісно розміром її зерна. Розмір зерна пов'язаний з періодом просторової повторюваності локальної структури. Великий період відповідає великій текстурі, а малий — дрібній. Ясно, що розмір зерна недостатній для кількісного виміру текстури, але його можна,

принаймні, використовувати для оцінки напрямку, у якому повинні змінюватися текстурної ознаки, тобто малі чисельні значення ознак повинні відповідати дрібній текстурі, а великі значення — великій. Потрібно враховувати, що текстура — це властивість околиці точки зображення. Отже, текстурні ознаки по своїй природі залежать від розміру околиці, на якій вони визначаються. Оскільки текстура — просторова властивість, виміри її ознак повинні бути обмежені областями, що характеризуються відносною однорідністю.

Одним із способів одержання текстурних ознак зображення є використання квадратного дзеркального фільтра (QMF) хвильового фільтра [3]. QMF-хвильовий фільтр виконує сегментацію на відстані октави в просторово-частотному вимірі, одночасно враховуючи високе просторове розкладання при високих просторово-частотних розкладаннях і низьке просторове розкладання при низьких просторово-частотних розкладаннях. Крім того, вигода від використання хвильового фільтра для аналізу зображення підтримана доказом того, що візуальні просторово-частотні рецептори людини розташовуються на відстанях октави.

Naralick і інші дослідники [8] запропонували ряд текстурних ознак, заснованих на властивостях гістограми розподілу частот спільних значень яскравості пари елементів зображення. Якщо на зображенні мається область із дрібною текстурою, то ця гістограма буде близька до однорідної, а для грубої текстури виявиться зосередженою уздовж діагоналі. Розмір зерна текстури може бути оцінений за величиною розсіювання гістограми відносно головної діагоналі. Naralick запропонував ряд мір розсіювання гістограми для виміру текстури, наприклад, момент інерції, середнє значення, дисперсію ознаки текстури, "розмах" ознаки [8].

Кілька досліджень присвячено аналізу текстур за допомогою спектра Фур'є [9]. Оскільки розмір зерна текстури пропорційний просторовому періоду, область грубозернистої текстури повинна давати спектр Фур'є, енергія якого зосереджена на низьких просторових частотах. Навпаки, для областей дрібнозернистої текстури енергія спектра концентрується на високих просторових частотах. Хоча така відповідність існує, часто виникають труднощі, зв'язані з просторовою зміною періоду і фази повторень структури. Експерименти показали, що існує значне перекриття спектрів для областей природної текстури, що помітно відрізняються, наприклад, таких, як міські квартали, сільські райони і лісові масиви, виділені на аерофотознімках. З іншого боку, спектральний Фур'є-аналіз виявився успішним при виявленні і класифікації антракоза легенів у гірників, що візуально виявляється у виді дифузійних текстурних відхилень знімків легенів від норми. Як основна характеристика текстури була запропонована просторова автокореляційна функція, оскільки розмір зерна текстури пропорційний ширині автокореляційної функції [9].

Також в якості текстурної ознаки пропонувалося використання числа

перепадів яскравості в околиці точки, гістограм довжин серій замість гістограм яскравості (довжина серії визначається звичайним способом як число слідуючих один за одним у визначеному напрямку елементів зображення з однаковою яскравістю) [9].

Порівняння текстурних гістограм зображень

При вирішенні задачі пошуку зображень за текстурними ознаками за допомогою методу порівняння текстурних гістограм можна виділити наступні етапи процесу порівняння двох зображень:

- розбити простір яскравості пікселей зображень на інтервали;
- для кожного пікселя зображення визначити номер інтервалу в який попадає його яскравість;
- обчислити текстурну гістограму;
- знайти відстань між гістограмами двох зображень.

При порівнянні гістограм найчастіше використовуються традиційні величини, такі, як відстань Евкліда, кон'юнкція гістограмних ознак та інші. Якщо оцінити область можливих значень цих характеристик, то виявляється, що ці значення практично необмежені зверху, особливо при використанні ненормалізованих гістограм (див. табл.1), тобто за результатами розрахунку відстані між гістограмами за допомогою цих метрик не можна однозначно визначити, наскільки дане зображення подібне до зразка. Тому для такого порівняння більш доцільним є використання коефіцієнта кореляції, як і у випадку порівняння за колірними ознаками [10, 11].

Таблиця 1. Область значень різних метрик для порівняння гістограмних ознак

Метрика	Область значень при використанні нормалізованих текстурних гістограм
Кон'юнкція гістограм (D1)	$0 \leq D1 \leq L_{\max}^2$
Відстань Евкліда (D2)	$0 \leq D2 \leq L_{\max}^2$
Косинусна відстань (D3)	$0 \leq D3 \leq \frac{L_{\max}^2}{2}$
Квадратична відстань(D4)	$0 \leq D4 \leq L_{\max}^4$

Робота програми пошуку передбачає рішення двох основних задач (див.рис.1). Перша задача - заповнення бази даних новими елементами, для чого обчислюється гістограма зображення і заноситься в базу даних. А друга задача - безпосередньо пошук схожих зображень для запиту. Задача пошуку зображення вирішується в такий спосіб. Спочатку знаходиться відстань між гістограмами запиту і кожного зображення в базі

даних. Далі, у випадку використання традиційних величин для порівняння гістограм, всі зображення сортуються по мірі збільшення відстані, а у випадку використання коефіцієнту кореляції – по мірі зменшення його значення, причому в сортування беруть участь лише ті зображення, для яких вказаний коефіцієнт має позитивне значення. Після цього візуалізуються зображення, найбільш близькі до зразка запиту. Великою перевагою даного методу є те, що результати пошуку можуть бути обмежені певним мінімальним значенням коефіцієнта кореляції, а також той факт, що за результатами розрахунку відстані між гістограмами методом коефіцієнта кореляції можна однозначно визначити, наскільки дане зображення схоже із шуканим зображенням, чого не можна зробити за допомогою традиційних метрик.



Рисунок 1 – Робота системи пошуку зображень за текстурними гістограмними ознаками

Характеристиками, що дозволяють оцінити пошук, є швидкість обчислення гістограми та швидкість пошуку. Слід зазначити, що процес пошуку у системі не пов'язаний з процесом обчислення елементів гістограми, на час пошуку впливають кількість зображень у БД та кількість рівнів яскравості, для яких будувалася гістограма. На рисунку 2 наведені графіки залежності часу пошуку від кількості зображень і від числа рівнів дискретизації для обчислення відстані між гістограмами методом кон'юнкції (перетинання) гістограм та методом Евкліда.

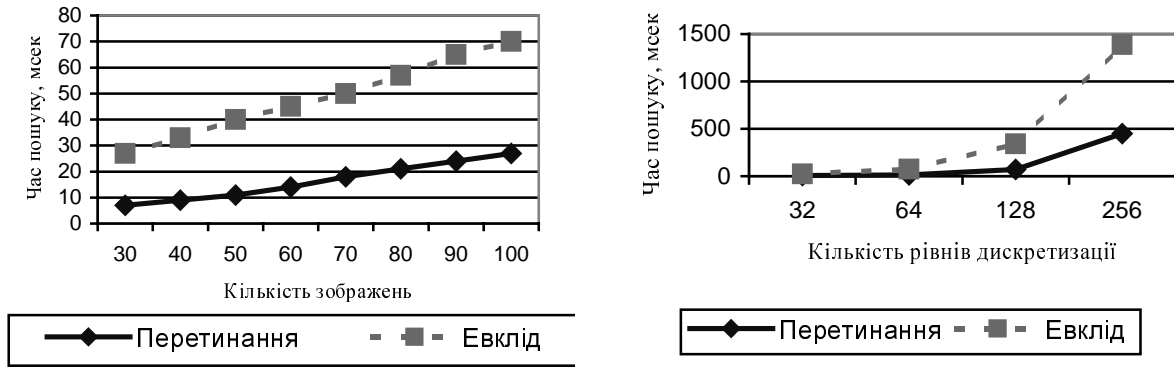


Рисунок 2 - Графік залежності часу пошуку від числа зображень у БД та від числа рівнів дискретизації

На рисунку 3 наведений графік залежності часу обчислення гістограм від розміру вікна-маски для колекції, що містить 100 зображень розміром 200x200 пікселів.

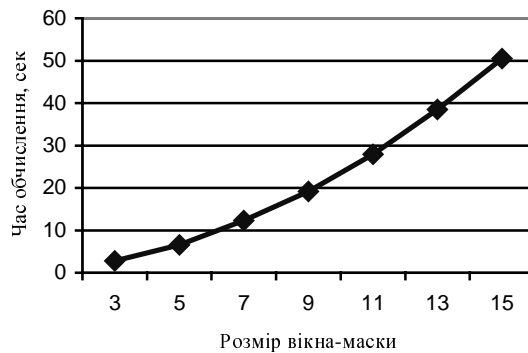


Рисунок 3 - Графік залежності часу обчислення текстурної гістограми від розміру вікна-маски

Для побудови графіка взяті експериментальні дані роботи прикладної системи. З графіків видно, що час пошуку залежить від кількості зображень лінійно. Аналізуючи результати, потрібно відзначити, що метод перетинання гістограм вимагає значно менше ресурсів часу порівняно з методом Евкліда, а час обчислення текстурних гістограм значно більший, ніж час пошуку зображень.

Висновки

Формулюючи задачу пошуку зображення, привести ступінь подоби двох зображень до деякої формальної системи практично не можливо. Причиною цього є те, що не існує однозначного поняття подоби зображень. Однак якщо встановити певні правила і обмеження, то рішення даної проблеми можна отримати. Зокрема, досить ефективним виявилось використання для опису текстур зображення гістограмних ознак, а для

порівняння цих ознак — коефіцієнту їх кореляції, який, на відміну від традиційних величин, надає ряд переваг, зокрема, можливість обмеження результатів пошуку.

Література

1. . M. Pickett. Visual analyses of texture in the detection and recognition of objects. In B. S. Lipkin and A. Rosenfeld, editors, Picture Processing and Psycho-Pictorics. Academic Press, New York, 1970.
2. www.qbic.almaden.ibm.com
3. Smith J. R. Integrated Spatial and Feature Image Systems: Retrieval, Analysis and Compression: Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the Graduate School of Arts and Sciences. — Columbia University, 1997. <http://disney.ctr.columbia.edu/jrsthesis/node1.html>
4. V. Manian, R. Vásquez. Approaches to color- and texture-based image classification. Optical Engineering -- July 2002 -- Volume 41, Issue 7, pp. 1480-1490
5. Шозда Н.С. Сравнительный анализ систем контекстного поиска изображений// Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". Випуск 6.- Донецьк, 1999. - С. 151-156
6. Костюкова Н.С. Современные системы поиска изображений на основе их содержимого// Материалы первой международной научно- технической конференции «Моделирование и компьютерная графика». -- Донецк, ДонНТУ, 2005. - С.49- 54.
7. J. Cohen, C. Tchou, T. Hawkins, P. Debevec. Real-Time high dynamic range texture mapping. In 12th Eurographics Workshop on Rendering, pages 313--320. Eurographics, June 2002.
8. Naralick R. M. Statistical and structural approaches to texture // Proc. of the IEEE – № 67(5), May 1979. – p. 786 – 804.
9. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - Кн. 2 – 310 с.
10. Костюкова Н.С. Использование 2D- цветовых гистограмм для представления цветового содержимого изображений// Известия ТРТУ №1. Тематический выпуск «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». Материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». - Таганрог, ТРТУ, 2005. - С.74-78.
11. Костюкова Н.С. Оценка эффективности поиска изображений// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". Випуск 93. - Донецьк, 2005. - С. 22-32.