

ЗНАХОДЖЕННЯ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК І PCA-SIFT ДЕСКРИПТОРІВ НА КОСМІЧНИХ ЗНІМКАХ

Проблема швидкого та чіткого зіставлення супутникових зображень та об'єктів на них на сьогоднішній день є актуальною. Одним із стандартних рішень цієї проблеми є знаходження локальних характерних особливостей (контрольних точок) і їх зіставлення з ідентичними ключовими точками на інших знімках. В даній статті пропонується нова технологія виділення схожості зображень на основі SIFT-дескрипторів з використанням методу головних компонент, що зменшує розмірність самого дескриптора, з найменшою втратою інформації. Запропонований алгоритм був протестований на супутникових зображеннях. Отримані результати тестування підтвердили ефективність застосування цього методу. Метод інваріантний афінним перетворенням, що існують в реальних умовах аерокосмічної зйомки, та скорочує час обчислень.

Ключові слова: сканерне зображення, особові точки, PCA-SIFT дескриптори, піраміда гаусіанів.

Л.С. ЗАГОРОДНЯ

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

НАХОЖДЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК И РСF-SIFT ДЕСКРИПТОРОВ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ

Проблема быстрого и четкого сопоставления спутниковых изображений и объектов на них на сегодняшний день является актуальной. Одним из стандартных решений этой проблемы является нахождение локальных характерных особенностей (контрольных точек) и их сопоставление с идентичными ключевыми точками на других снимках. В данной статье предлагается новая технология выделения сходства изображений на основе SIFT-дескрипторов с использованием метода главных компонент, что позволяет уменьшить размерность самого дескриптора с наименьшей потерей информации. Предложенный алгоритм был протестирован на спутниковых изображениях. Полученные результаты тестирования подтвердили эффективность применения этого метода. Метод инвариантен аффинным преобразованиям, существующим в реальных условиях аэрокосмической съемки, и сокращает время вычисления.

Ключевые слова: сканерное изображение, особые точки, PCA-SIFT дескрипторы, пирамида гауссианов.

L.S.ZAHORODNIA

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

FINDING THE KEY POINTS AND PCA-SIFT DESCRIPTORS ON SATELLITE IMAGES

The problem of rapid and accurate comparison of satellite images and objects on them today is important. One of the standard solution to this problem is to find the local characteristics of the (control points) and their comparison with identical key points on other images. This article proposes a new extraction technology similarity image based on SIFT-descriptors, using the method of principal components, which reduces the dimension of the descriptor with the least loss of information. The proposed algorithm was tested on satellite images. The obtained test results confirmed the efficacy of this method. Affine invariant method changes that exist in the real world aerospace shooting and reduces computation time.

Keywords: scanner image, personal point PCA-SIFT descriptors, Gaussian pyramid.

Постановка проблеми

Виявлення і зіставлення точкових особливостей на зображеннях є важливим завданням комп'ютерного зору і знаходить застосування в створенні панорам та стереопари, реконструкції тривимірної моделі об'єкта за його двовимірними проєкціями, розпізнаванні об'єктів і пошуку за зразком з якоїсь бази, спостереженні за рухом об'єкта з кількох знімків тощо. Слід зазначити, що область знань, що розглядає такого роду завдання (комп'ютерний зір) досить молода, з усіма витікаючими звідси наслідками. Немає певного універсального методу, який вирішував би всі перераховані вище проблеми в повному обсязі. Тому виникає необхідність розробити нову технологію зіставлення зображень та об'єктів на них, яка дозволить отримати інваріантність відносно певних перетворень зображень й зменшити обчислювальну складність.

Аналіз публікацій по темі дослідження

На даний час існує ряд методів та технологій просторового суміщення супутникових зображень чи об'єктів на них, кожен з яких володіє тими чи іншими перевагами та недоліками і потребує різної попередньої обробки зображень. У загальному випадку така обробка полягає у наступному: для кожної точки зображення обчислюється значення певної функції. На підставі цих значень зображенню можна приписати певну характеристику. Тоді задача порівняння зображень зводиться до задачі порівняння таких характеристик. Однак ці методи працюють, практично, тільки в ідеальних умовах. Власне, погані якості цих методів обумовлені їх основною ідеєю, тим, що в характеристику вносить внесок кожна точка зображення, яким би поганим цей внесок не був. Причин для цього достатньо: поява нових об'єктів на зображенні, перекриття одних об'єктів іншими, шуми, зміни масштабу, зміни положення об'єкта на зображенні, зміни положення камери, освітлення, афінні перетворення і т.д.

Формулювання цілей статті

Запропонований метод дозволить зменшити розмір самого SIFT-дескриптора з найменшою втратою інформації, що суттєво збільшить ефективність обробки аерокосмічних знімків високого просторового розрізнення. У якості вхідних даних використовуються знімки супутника WorldView-2.

Основна частина

В даній роботі ми пропонуємо метод виділення особливих точок та їх дескрипторів алгоритмом SIFT (Scale Invariant Feature Transform), з використанням методу головних компонент (МГК) (англ. PCA - Principal Component Analysis). Цей метод дозволяє отримати інваріантність відносно таких перетворень як: переміщення, поворот, масштабування, зміна яскравості. Перелічимо основні етапи алгоритму зіставлення зображень:

1. Виділення особливих точок зображення;
2. Визначення напрямку градієнта кожної виділеної точки;
3. Побудування дескриптора кожної особливої точки;
4. Застосування методу головних компонент;
5. Повторення кроків 1-3 для другого зображення;
6. Порівняння всіх обчислених дескрипторів двох зображень між собою.

Етап знаходження особливих точок базується на побудові просторів масштабів, пошуку локальних екстремумів та знаходження особливих точок. Спочатку необхідно побудувати піраміди гаусіанів та різниці гаусіанів (рис.1).

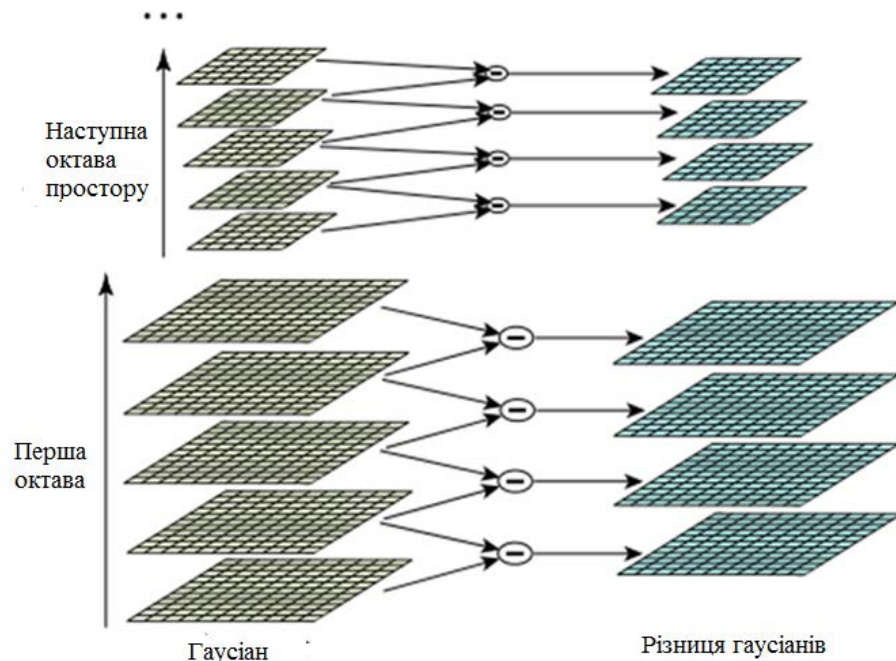


Рис. 1. Піраміди гаусіанів та різниці гаусіанів

Гаусіаном є зображення, яке розмите гаусовим фільтром:

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \tag{1}$$

де L – значення гаусіана в точці з координатами (x,y), I – значення пікселів з координатами (x,y), G – гаусові ядра для розмиття зображення:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (2)$$

Після побудови пірамід необхідно вибрати остаточної особливі точки. Точка є особливою, якщо вона є локальним екстремумом різниці гаусіанів.

Знайдені точки можуть мати кілька напрямів. Напрямок ключової точки обчислюється виходячи з напрямків градієнтів точок, сусідніх з особливою. Величина і напрям градієнта в точці обчислюється за формулами (3), (4). Далі будується зважена гістограма градієнтів в околі особливої точки (36 бітів) та обирається напрямок, який відповідає максимальній компоненті гістограми.

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2} \quad (3)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x, y+1) - L(x, y-1)) / (L(x+1, y) - L(x-1, y))) \quad (4)$$

У алгоритмі SIFT дескриптором є вектор. Як і напрямок ключової точки, дескриптор обчислюється на гаусіані, найближчому за масштабом до ключової точки, і виходячи з градієнтів в певному вікні ключової точки. Перед обчисленням дескриптора це вікно повертають на кут напрямку ключової точки, чим й досягається інваріантність щодо повороту. Дескриптор SIFT являє собою вектор, отриманий із значень всіх елементів гістограм напрямків, і складається з 128 компонент. Таким чином для зображення буде отримано набір дескрипторів.

Оскільки аерокосмічні знімки мають великий обсяг фотограмметричних даних, то у зв'язку з цим виникає необхідність забезпечення високоперіодичної обробки даних. Нами запропоновано використовувати МГК для зменшення обчислювальної складності. Околиці можна описати набагато компактніше, використовуючи МГК, для цього необхідно:

- Вибрати фрагмент 41*41 піксель;
- Обчислити горизонтальні і вертикальні градієнти, приводячи до вектора розміру 3042;
- Отриманий вектор помножити на попередньо обчислену проекційну матрицю n*3042;
- Отримати result: PCA-SIFT-дескриптор розміру n.

На рис. 2 представлені фрагменти зображень, які пов'язані між собою поворотом в 90 градусів. На рис.3 подано побудовані за алгоритмом ключові точки.

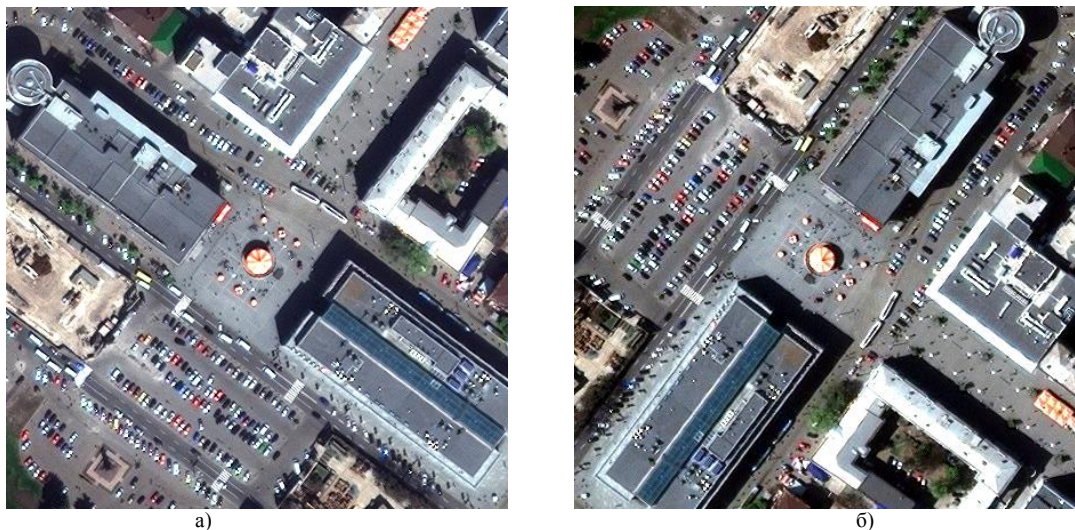


Рис. 2. Фрагменти зображень
а) первинне зображення, б) первинне з поворотом на 90°

Щоб порівняти два зображення, необхідно дізнатися кількість співпадаючих ключових точок. Для цього необхідно знайти евклідову відстань між кожною точкою одного зображення і кожною точкою іншого зображення. Пара точок, у яких евклідова відстань мінімальна, є парою співпадаючих точок. Задавши поріг деякого мінімального значення, можна отримати відсоток співпадаючих точок, виходячи з якого можна дізнатися про ступінь схожості двох зображень.

У таблиці 1 наведено розраховані значення часу розрахунків та збігу ключових точок у відсотках.

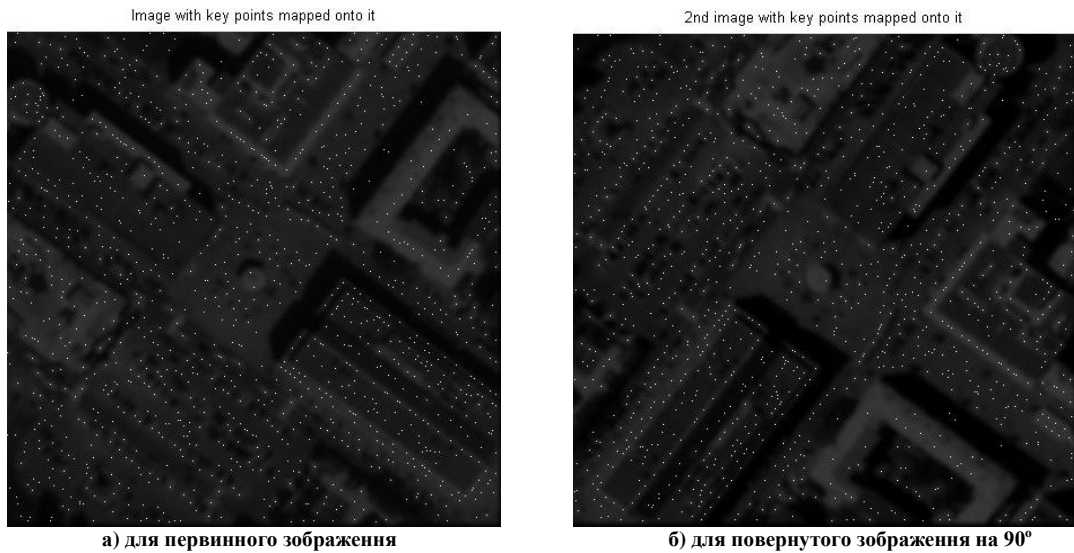


Рис. 3. Побудовані ключові точки

Таблиця 1

№	Перетворення вхідного зображення	Час для побудови SIFT-дескрипторів та зіставлення 2-х зображень	Час для побудови PCA-SIFT дескрипторів та зіставлення 2-х зображень	Відсоток збігу
1	Поворот на 90 градусів	4,42	2,02	100
2	Поворот на 45 градусів	4,3	2,0	28
3	Збільшення масштабу в 2 рази	8,03	5,01	37
4	Збільшення масштабу менш ніж в 2 рази	8,2	5,3	64
5	Лінійна зміна яскравості	6,34	4,1	86
6	Нелінійна зміна яскравості	6,01	4,0	34

Висновки і перспективи подальших досліджень

Отримані результати свідчать про те, що запропонована технологія виділення схожості зображень на основі SIFT-дескрипторів з використанням методу головних компонент дозволяє зменшити розмірність самого дескриптора з найменшою втратою інформації і скорочує час обчислень. Метод виявлення схожості зображень добре працює для зображень, повернутих на кут, кратний 90° , при збільшенні/зменшенні масштабу менш ніж у 2 рази та при лінійній зміні яскравості. Запропонований метод інваріантний афінним перетворенням, що існують в реальних умовах аерокосмічної зйомки. Це є важливою перевагою в порівнянні з іншими методами. Подальші дослідження будуть присвячені удосконаленню запропонованого методу: поліпшенню визначення схожості при нелінійній зміні яскравості та масштабуванні більше ніж у 2 рази.

Список використаної літератури

1. D. Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. In International Journal of Computer Vision, volume 60, pages 91-110, 2004.
2. S.F. Chang, W. Hsu, L. Kennedy, L. Xie, A. Yanagawa, E. Zavesky and D.-Q. Zhang. Columbia University TRECVID-2005 Video Search and High-Level Feature Extraction. In TRECVID, 2005.
3. А.П. Кудряшов. Извлечение и сопоставление точечных особенностей. Электронный научный журнал Исследовано в России, т.10, 2007.
4. И.С. Пуртов, Д.П. Синча. Исследование методов и разработка алгоритмов обработки видеoinформации в задачах локализации положения БЛА на основе распознавания изображений при помехах и искажениях. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 52.
5. С.Ю. Гора, В.М. Довгаль. Об одном подходе к поиску изображений по содержимому // В мире научных открытий. Красноярск: научно-инновационный центр. – 2013. - №6.1 (42).