

Дослідження автоматичного розпізнавання ідентичних точок стереопари

Тумська О.В.¹⁾ Янчак В.Я.²⁾

¹⁾Національний університет
“Львівська політехніка”

²⁾Львівський національний Університет
ім. Ів Франка

Researches of automatic matching of correspondent points of air-stereopair Tumska O. V. Janchak V. Y.

Abstract

The subject of this paper is automatic matching of point as well the correlation conditions. For this purpose the authors develop the experimental program which matches feature points in aerial and cosmos stereo image overlap and estimate results simultaneously. The examples for 10 aerial stereo images and cosmos stereo image indicate that using of operators Sobel and LoG leads to good results as interest operators.

В багатьох прикладних задачах виникає необхідність визначення взаємозв'язків між двома наборами даних. Визначення відповідних елементів даних без ручної ідентифікації - одна із головних задач автоматизації фотограмметричних процесів [Лобанов А.Н., Журкин И.Г., 1980, Christian Heipke, 1996].

В запропонованій роботі досліджуються методи визначення точок з кращими кореляційними характеристиками для ідентифікації точок на стереопарах аеро та космічних знімків. Для проведення досліджень розроблено експериментальну програму на Delphi-5. Розпізнавання здійснюється за коефіцієнтом кореляції, вирахованого по квадратах ($n \times n$) пікселів на лівому та правому знімках (вікно візрця). Вікно візрця на правому знімку пересувається по зоні пошуку, яка



звужується по мірі знаходження ідентичних точок.

Рис. 1 Вигляд вікон програми після розпізнавання ідентичної точки на стереопарі

Наведемо основні етапи досліджень:

- визначення області перекриття знімків;
- завдання розмірів області досліджень, вікна взірця на лівому та зони пошуку правому знімках;
- встановлення зони пошуку на правому знімку;
- пошук першої ідентичної точки на лівому та правому знімках;
- уточнення значень повздожного та поперечного паралаксів;
- зменшення зони пошуку на правому знімку;
- вибір центральної точки області дослідження на лівому знімку;
- визначення "цікавих" точок на лівому знімку з використанням операторів масок, по кожній масці знаходяться точки з максимальною реакцією;
- визначення ідентичної точки на правому знімку відповідно "цікавій" точці на лівому знімку за максимальним коефіцієнтом кореляції;
- візуальна оцінка ототожнення ідентичних точок, на лівому та правому знімках стереопари;
- запис координат точок, коефіцієнта кореляції, типу маски та коментарів у файл.

Для вибору "цікавих" точок використовуються різні маски, а саме: виявлення ізольованих точок, оператори Собеля [Gonzalez,1987], LoG – оператори (Laplacian of Gaussian), які одночасно фільтрують та виявляють особливі точки [Karl Kraus,1997] (для $\sigma = \sqrt{2}$ і $\sigma = 2$). На рис. 2 наведені значення коефіцієнтів масок, вибраних для експерименту.

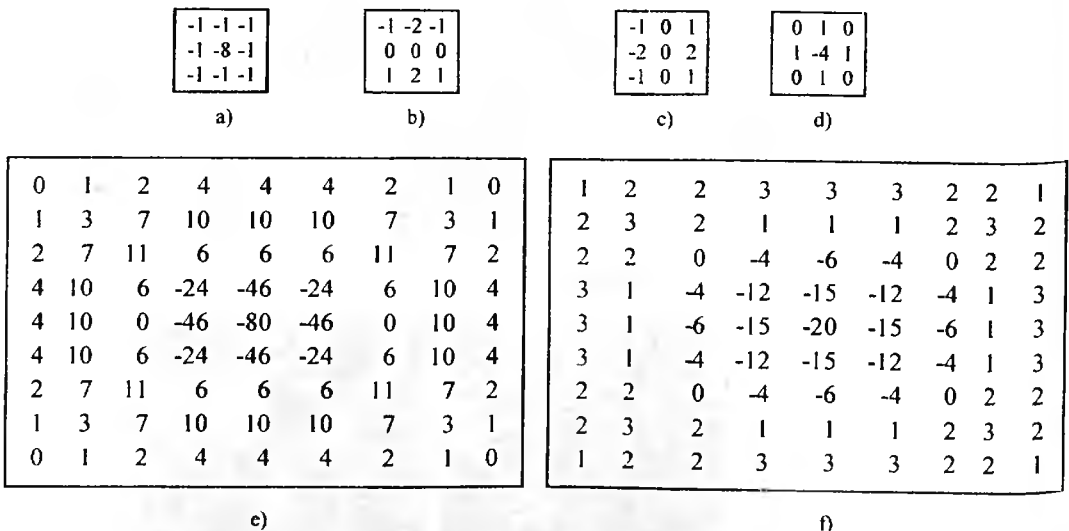


Рис 2.

- a) Маска для виявлення ізольованих точок (*Izol*).
- b) Оператор Собеля для виявлення горизонтальних країв (*Sobel X*).
- c) Оператор Собеля для виявлення вертикальних країв (*Sobel Y*).
- d) Маска для обчислення Лапласіана (*Lapl*).
- e) Laplacian of Gaussian для $\sigma = \sqrt{2}$ (*LoG*).
- f) Laplacian of Gaussian для $\sigma = 2$ (*LoG2*).

Для кожної маски в області дослідження на лівому знімку визначається піксел, для якого реакція маски в даній області максимальна. Тоді за максимальним коефіцієнтом кореляції визначаються в зоні пошуку на правому знімку відповідні ідентичні точки. Знайдена точка помічена хрестиком в центрі зони пошуку, обведеної рамкою (рис.1).

Керування процесом дослідження в експериментальній програмі виконується за допомогою головного меню, яке здійснює наступні функції:

- файл (ввід лівого та правого знімків, їх типу та якості);
- параметри (розміри вікна візрця, області дослідження, зони пошуку);
- центрування (розміщення ідентичних точок на стереопарах у центрах відповідних вікон);
- пуск мас наступні підпункти:
 - калібровка (знаходження одної ідентичної точки на лівому та правому знімках);
 - пошук “цікавих” точок, з наступною їх ідентифікацією на лівому та правому знімках та записом результатів у файл;
 - правий автоматично – точка на лівому знімку вибирається курсором, ідентична права точка знаходиться в зоні пошуку за максимумом коефіцієнта кореляції.

Крім того, в процесі роботи програми на екран виводяться інформаційні повідомлення (координати курсору на лівому та правому знімках, коефіцієнт кореляції та інше).

Формат отриманого файла дозволяє виконувати його подальший аналіз у табличному процесорі Excel.

Для проведення експериментальних робіт було вибрано 10 чорно-білих стереопар аерознімків ($18 \times 18 \text{ см}^2$, масштаби 1:8000, 1:15000) та космічний знімок ($30 \times 30 \text{ см}^2$, масштаб 1:280000). Стереопари (забудована територія, місцевість сільськогосподарського призначення, рілля, гірська місцевість) були різної інформаційної насиченості, відрізнялись текстурою та фотографічною якістю. Аерознімки були відскановані з роздільною здатністю 300dpi, космічний знімок – 380dpi. Розмір області дослідження становив (200×200) пікселів, як виявилось під час експерименту, розмір вікна візрця доцільно вибрати (15×15) пікселів, а зони пошуку (70×70) пікселів. Області дослідження вибирались в зоні перекриття знімків, нерівномірно у стандартних зонах. причому для кожної вибраної області перед проведенням пошукових операцій проводилось уточнення значень повздовжнього та поперечного паралаксів, що було умовою знаходження ідентичних точок. Отримані експериментальні результати наведені у таблицях 1 і 2.

Табл. 1

Результати співпадіння відповідних точок за візуальними спостереженнями

Назва маски	Співпали		Не співпали		Сумнівні		Разом
	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%	
<i>Izol</i>	75	73.5	21	20.6	6	5.9	102
<i>Laplacian</i>	77	75.5	19	18.6	6	5.9	102
<i>Log</i>	87	85.3	11	10.8	4	3.9	102
<i>Log2</i>	85	83.3	11	10.8	6	5.9	102
<i>Sobel X</i>	85	83.3	14	13.7	3	2.9	102
<i>Sobel Y</i>	89	87.3	10	9.8	3	2.9	102
Разом	498	81.4	86	14	28	5	612

Табл. 2

Порівняння візуальних спостережень з кореляційним прийняттям рішень

Кореляція	Співпали				Не співпали та сумнівні			
	0.99-0.80		0.79-0.40		0.99-0.80		0.79-0.40	
	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%
Назва маски								
<i>Izol</i>	46	45.1	29	28.4	6	5.9	21	20.6
<i>Laplacian</i>	44	43.1	33	32.4	2	2.0	23	22.5
<i>Log</i>	68	66.7	19	18.6	1	1.0	14	13.7
<i>Log2</i>	74	72.5	11	10.8	5	4.9	12	11.8
<i>Sobel X</i>	74	72.5	11	10.8	8	7.8	9	8.8
<i>Sobel Y</i>	78	76.5	11	10.8	8	7.8	5	4.9
Разом	384	62.7	114	18.6	30	4.9	84	13.7

Із таблиць 1 і 2 випливає, що вибір положення вікна взірця за допомогою масок *Log2*, *Sobel X*, *Sobel Y* при значенні кореляції в межах 0.80-0.99 дає більше ніж 70% співпадання виділених точок, при цьому відкидається тільки біля 10% ідентичних точок з кореляцією менше ніж 0.80, але що є важливим тільки біля 5% точок вибираються помилково з кореляцією більше ніж 0.80. (Для порівняння на основі масок *Izol*, *Lapl*, *LoG* з кореляцією в діапазоні 0.80-0.99 вибирається відповідно від 45% до 67% ідентичних точок, а в межах 0.40-0.79 знаходяться відповідно 30%-20% ідентичних точок.) Відомо, що оператор *LoG* рекомендують для виявлення точок "цікавих" для знаходження кореляції [Karl Kraus, 1997]. Виявляється, що оператори Собеля, дають можливість порівняльні з *LoG* при $\sigma = 2$. Відзначимо, що при цьому, маски Собеля мають розмір 3×3 , а *LoG* - 9×9 , що вимагає у 9 раз більше машинного часу на аналіз. Маски *Izol* і *Lapl* у 64% випадків вибирають по максимуму реакції однакові точки, тому можна залишити одну з них.

Результати ототожнення в значній мірі залежать від фотографічної якості знімків. Так, найкращий результат отримано на космічному знімку високої фотографічної якості.

Література.

1. Лобанов А.Н., Журкин И.Г. Автоматизация фотограмметрических процессов. М. Недра, 1980.
2. Heipke C. Automation of interior, relative and absolute orientation. Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B3. Vienna 1996, pp. 297-311.
3. Gonzales R. C., Wintz P. Digital Image Processing. Second edition. Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
4. Kraus K., Waldhausl P. Photogrammetrie. Band 1, Grundlagen und Standartverfahren. Dümmler/Bonn, 1997.

Streszczenie

Przedstawiony artykuł jest poświęcony metodom wyznaczenia punktów z lepszymi charakterystykami korelacyjnymi dla identyfikacji punktów na stereoskopowych zdjęciach lotniczych i satelitarnych. Dla opracowania wyników eksperymentów napisano program komputerowy na Delphi-5. Wykonane prace eksperymentalne na 10 zdjęciach pokazują celowość wykorzystania operatorów Sobela i LoG dla znajdowania punktów przydatnych dla identyfikacji.

Анотація

У статті досліджуються методи визначення точок з кращими кореляційними характеристиками для ідентифікації точок на стереопарах аеро та космічних знімків. Для проведення досліджень розроблено експериментальну програму на Delphi-5. Виконані експериментальні роботи на 10 стереопарах показують доцільність використання операторів Собеля та LoG для знаходження точок придатних для ідентифікації.

