

Jan Ziobro
Romuald Kaczyński

ZASTOSOWANIE FUNKCJI „INTEREST OPERATOR” W PÓLAUTOMATYCZNEJ AEROTRIANGULACJI

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badania przydatności funkcji interest operator w wyborze punktu wiążącego w półautomatycznej aerotriangulacji, wykonywanej na stacji fotogrametrycznej ImageStation 6487. Przedstawiono zarys problemu wyboru punktu wiążącego oraz wyniki pomiarów doświadczalnych.¹

1. Opis problemu

Do wykonania korelacji obrazów w pomiarach punktów w półautomatycznej aerotriangulacji konieczna jest znajomość elementów orientacji wewnętrznej i przybliżonych elementów orientacji wzajemnej zdjęć. Przeniesienie punktów wiążących na sąsiednie zdjęcia odbywa się w sposób automatyczny za pomocą metod cross correlation (CC) i least square matching (LSM). Punkty wybrane przez operatora są przenoszone za pomocą CC, z dokładnością około 0.5 piksela, a następnie dokładnie wyznaczane za pomocą LSM, z dokładnością około 0.1 piksela.

Obie metody korelacji obrazów cechuje względnie prosty algorytm, duża szybkość działania i dokładność. Ograniczeniem jest ich lokalność – operują tylko na prostokątnym fragmencie obrazu o bokach wielkości kilkudziesięciu pikseli. Zasięg ten może być zwiększony poprzez wykorzystanie obrazów piramidalnych utworzonych przez zmniejszenie rozdzielczości obrazu oryginalnego. Powoduje to jednak zanik szczegółów na kolejnych obrazach o zmniejszającej się rozdzielczości. Z uwagi na fakt, że metody działają na wycinku obrazu oraz ze względu na nieliniowość równań, wynika konieczność określenia wzajemnej, przybliżonej orientacji zdjęć, na które jest przenoszony punkt wiążący. Dla metody CC i zdjęć z utworzonymi obrazami piramidalnymi wystarczająca jest znajomość przybliżonych elementów orientacji. Dla metody LSM wymagane jest przybliżenie położenia punktu na obrazie z dokładnością około 3 pikseli.

Orientację dla zdjęć dowiązywanych w szeregu uzyskuje się w interaktywnym pomiarze punktów wiążących, które znajdują się przy w pobliżu punktów głównych. Dla wiązania szeregów oraz ich wyrównanie w lokalnym układzie współrzędnych, taki

¹ Badanie wykonano w ramach grantu KBN 9T12E 00713

miar wymagany jest co kilka baz fotografowania. Przybliżenie orientacji jest stopniowo poprawiane, w miarę narastania liczby pomierzonych wiązań. Po zorientowaniu, punkty wybrane na jednym zdjęciu są już automatycznie przenoszone na zdjęcia sąsiednie.

Główną czynnością pomiarową wykonywaną przez operatora jest wybór punktu wiążącego na jednym ze zdjęć. Od trafności tego wyboru zależy czas wykonania aerotriangulacji, a także w dużej części jej dokładność. Wybór punktu wykonywany jest w pobliżu jego nominalnego (projektowego) położenia. Jest on uwarunkowany podobnie jak przy opracowaniu wykonywaniu aerotriangulacji metodą analityczną. Ponadto położenie punktu powinno spełniać dwa dalsze istotne warunki:

- powinien leżeć dalej niż ok. 20 pikseli od elementów pokrycia terenu, obiektów poruszających się lub krawędzi obrazu; warunek ten wynika z właściwości wymienionych metod korelacji - operują one na fragmencie obrazu o wielkości około 40 na 40 pikseli;
- powinien znajdować się na granicy wysokiego kontrastu; wynika to z dobrego uwarunkowania matchingu w metodach CC i LSM.

Okno w którym wybiera się punkty zawiera obraz o powiększeniu około 6 razy (w stosunku do obrazu na filmie) i powierzchnię terenu kilkakrotnie mniejszą od powierzchni 6-krotnego pokrycia zdjęciami (przy standardowym pokryciu poprzecznym). Wyraźne granice kontrastu, a dokładniej, narożniki załamania tych granic lub okrągłe szczegóły obrazu o średnicy kilku pikseli, łatwo można wybrać w terenach miejskich i przemysłowych.

W terenach rolnych i leśnych w wielu przypadkach brak jest takich elementów obrazu w pobliżu projektowego położenia punktu wiążącego. W takich przypadkach rozwiązaniem jest:

- zwiększenie obszaru poszukiwania punktu poprzez przesunięcie okna nad terenem lub zmniejszenie powiększenia obrazu; powoduje to parokrotne wydłużenie czasu pomiaru oraz może być nieskuteczne z powodu ograniczonej wielkości pokrycia między zdjęciami;
- zmniejszenie wymagań co do dokładności matchingu, czego należy unikać;
- poszukiwanie miejsca w pobliżu nominalnego położenia punktu, które pomimo braku wyraźnych granic kontrastu da dostatecznie dobre uwarunkowanie rozwiązania w metodach CC i LSM.

Poszukiwanie takiego miejsca wykonywane jest za pomocą funkcji Interest Operator. W półautomatycznej aerotriangulacji na stacji roboczej DCCS firmy Helava jest to operator oparty na metodzie *relaxation*, opracowanej przez U.V. Helavę. Na stacji ImageStation jest to realizacja operatora Förstner'a. W literaturze dotyczącej tego tematu nie znajduje się jednak wyników badań dotyczących wykorzystania tej funkcji w półautomatycznej aerotriangulacji, poza stwierdzeniami, że niektóre systemy fotogrametryczne ją posiadają.

2. Badania

W celu określania skuteczności funkcji Interest Operator dla obszarów zdjęcia bez wysokokontrastowych szczegółów obrazu wykonano dwa badania

polegające na pomiarze orientacji pojedynczego modelu i pomiar niewielkiego bloku zdjęć.

Pierwsze badanie przeprowadzono dla dwóch stereogramów zdjęć lotniczych o bardzo dobrej jakości geometrycznej i fotograficznej. Zdjęcia czarno-białe wykonane kamerą Zeiss LMK 3000, o odległości obrazu 152 mm, zeskanowano pikselem 15 μm . Pomiar 20 punktów wiążących, rozmieszczonych na całej powierzchni stereogramu wykonano na stacji ImageStation 6487. Pomiar wykonano trzykrotnie:

- w pierwszym pomiarze operator wybierał wysokokontrastowe szczegóły obrazu – załamania granic kontrastu lub szczegóły punktowe; punkty były przenoszone na drugie zdjęcie za pomocą LSM;
- w drugim pomiarze operator wybierał szczegóły obrazu o małym kontraście z otoczeniem, ale o zróżnicowanej teksturze; konkretnym punktem był środek szczegółu, punkt przenoszono LSM;
- w trzecim pomiarze operator wybierał te same szczegóły co w pomiarze drugim, z tym że wybór konkretnego punktu następował za pomocą Interest Operator, a przeniesienie punktu dokonano za pomocą CC i LSM; wielkość boku okna poszukiwania dla funkcji Interest Operator wynosiła 25 pikseli.

Pomiary wykonano przy średnim błędzie przeniesienia nie większym niż 0.12 piksela. W pomiarze pierwszym i trzecim założenie o błędzie przeniesienia było spełnione dla wszystkich punktów na obu stereogramach (bez potrzeby zwiększania tej tolerancji). Natomiast w drugim pomiarze na stereogramie 419-420 dla 6 punktów, aby wykonać pomiar zwiększono tolerancję z 0.12 piksela do 0.2 piksela. Na stereogramie 427-428 zwiększono tolerancję dla 5 punktów, w tym dla dwóch punktów do 0.4 piksela. W tabeli poniżej podane są średnie błędy współrzędnej tłowej, obliczone z paralaks poprzecznych po obliczeniu elementów orientacji wzajemnej zdjęć stereogramu.

Lp.	Rodzaj pomiaru	Średni błąd współrzędnej tłowej [μm]	
		stereogram 419-420	stereogram 427-428
1.	Kontrastowe szczegóły bez Interest Operator	2.50	2.57
2.	Małokontrastowe szczegóły bez Interest Operator	5.00	5.55
3.	Małokontrastowe szczegóły z Interest Operator	2.24	3.25

W drugim pomiarze dokładność przeniesienia punktów była dwukrotnie gorsza od dwóch pozostałych pomiarów. Można sądzić że stosowanie Interest Operator jest niezbędne gdy wybrany przez operatora szczegół ma mały kontrast z otoczeniem.

W drugim badaniu, wykonano dwukrotnie aerotriangulację niewielkiego bloku. W pierwszym pomiarze wybierano szczegóły o wysokim kontraście z otoczeniem, w drugim pomiarze operator wybierał szczegóły o małym kontraście, a konkretny punkt do przeniesienia na zdjęcia sąsiednie był ustalany za pomocą Interest Operator. Wybrano zdjęcia które były trudne do opracowania ze względu na znaczną przewagę terenów rolnych i leśnych oraz wtórne diapozytywy o słabej jakości fotograficznej. Zdjęcia barwne w skali 1: 26 000, wykonane kamerą o odległości obrazu 152 mm, zeskanowano pikselem 22.5 μm za pomocą skanera PS-1. Blok tworzyło 17 zdjęć, w trzech szeregach, o pokryciu podłużnym 60% i poprzecznym 35%. W pasie potrójnego pokrycia zdjęć w szeregu zaprojektowano po 5 punktów wiążących, tak że zdjęcia były wiązane z sąsiednimi za pomocą 15 punktów.

Pomiary wykonano przy średnim błędzie przeniesienia punktu poniżej 0.12 piksela. Mimo słabej jakości wtórnych diapozytywów, przekroczenie tej tolerancji i konieczność wyboru innego punktu do pomiaru wystąpiło w nielicznych przypadkach. Pomiar z wysokokontrastowymi punktami wiążącymi trwał znacznie dłużej, ze względu na charakter terenu. Bloki opracowano bez osnowy terenowej wyrównując je w lokalnym układzie współrzędnych. Obserwacje bloków wyrównano programem Photo-T. Otrzymano następujące średnie błędy typowego spostrzeżenia:

- blok z wysokokontrastowymi punktami wiążącymi $m_0 = 6.3 \mu\text{m}$;
- blok z małokontrastowymi punktami i z wykorzystaniem funkcji Interest Operator $m_0 = 6.3 \mu\text{m}$.

3. Podsumowanie

Wyniki badań pozwalają stwierdzić, że wybór punktu wiążącego, przy braku kontrastowych szczegółów obrazu, powinien następować przy wykorzystaniu funkcji Interest Operator, gdyż zapewnia to wymaganą dokładność.

Literatura

1. Beckschäfer M., 1995, Digitale Photogrammetrie im praktischen Einsatz, Photogrammetric Week 95, Wichmanverlag.
2. Fritsch D., 1995, Introduction into digital aerotriangulation, Photogrammetric Week 95, Wichmanverlag.
3. Förstner W., 1995, Matching strategies for point transfer, Photogrammetric Week 95, Wichmanverlag.
4. Hauman D., 1995, Practical experience with digital aerotriangulation, Photogrammetric Week 95, Wichmanverlag.
5. Heipke C., 1996, Overview of matching techniques, Proceedings OEEPE Workshop on the application of digital photogrammetric workstations, Lausanne.
6. Kölbl O., 1996, An overview on commercial software products for digital aerial triangulation, Proceedings OEEPE Workshop on the application of digital photogrammetric workstations, Lausanne.

7. Lobonc T., Mikhail E., 1994, Human supervised automated tools for digital photogrammetric systems, GIS/LIS (1994).
8. Makarovic B., 1996, Considerations on image matching – an engineering perspective, XVIII Congress ISPRS, Wiedeń.
9. Schenk T., Li J. C, Toth C., 1991, Towards an autonomus system for orienting digital stereopairs, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 8/1991.
10. Smith S.M., Brady J.M., 1995, Susan – A new approach to low level image processing, Internet : www.tmrrib.ox.ac.uk/~steve/susan/susan/susan.html.
11. Toth C., Krupnik A., 1994, Experiences with automatic image patch matching, ASPRS/ACSM.
12. Vanommesleghe J., 1996, Digital aeritriangulation in practice, Proceedings OEEPE Workshop on the application of digital photogrammetric workstations, Lausanne.
13. Zieliński J. M., 1998, Strategia automatyzacji pomiarów na stereogramach cyfrowych z zastosowaniem metod korelacyjnych, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 8, Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji, Kraków 1998.

Autorzy

dr inż. Jan Ziobro

dr hab. Romuald Kaczyński, prof. IGiK

Instytut Geodezji i Kartografii

00-950 Warszawa, ul. Jasna 2/4

tel./fax: (0-22) 827 03 28

e-mail: ziobro@igik.edu.pl

rom@igik.edu.pl

Recenzował dr Zygmunt Paszotta