

BADANIE MOŻLIWOŚCI AUTOMATYCZNEGO DOPASOWANIA OBRAZÓW O ZBLIŻONYCH ELEMENTACH ORIENTACJI ZEWNĘTRZNEJ*

EVALUATION OF THE DEGREE OF AUTOMATION IN THE MEASUREMENT AND MATCHING OF IMAGES WITH SIMILAR EXTERIOR ORIENTATION

Michał Kowalczyk

Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej,
Politechnika Warszawska

SŁOWA KLUCZOWE: fotogrametria bliskiego zasięgu, dynamiczna rejestracja, korelacja, model trójwymiarowy

STRESZCZENIE: Prowadzone eksperymenty wykorzystują założenie, że obrazy zarejestrowane za pomocą kamery cyfrowej mają zbliżone elementy orientacji zewnętrznej. Położenie stanowiska kamery względem układu terenowego, zdefiniowane jako współrzędne wektora wodzącego i kąty obrotu względem poszczególnych osi, mają wartości zbliżone dla sąsiednich klatek filmu. Warunki te umożliwiają zastosowanie bardzo szybkich i skutecznych technik automatyzujących znajdowanie wspólnych szczegółów na sąsiednich obrazach. Po wykonaniu tego połączenia możliwe jest odtworzenie obrazu rejestrowanego obiektu jako trójwymiarowego modelu. Ponadto dzięki wykorzystaniu wielu zdjęć jednocześnie wzrasta niezawodność pomiaru. Eksperymenty prowadzone w ramach niniejszego projektu mają za zadanie wprowadzenie niezawodnie działającej automatyzacji pozyskania trójwymiarowej informacji o kształcie badanych obiektów. Jako przygotowanie do pomiarów została wykonana kalibracja zdjęć oraz identyfikacja punktów reprezentujących te same obiekty w przestrzeni rejestrowanej sceny.

1. WPROWADZENIE

Podążanie w kierunku jeszcze bardziej zautomatyzowanych procesów fotogrametrii napotyka wciąż na znaczne trudności. Głównym elementem ciągu technologicznego, który musi wciąż prowadzić człowiek, jest prowadzenie obserwacji stereoskopowej. Podczas tej często wielogodzinnej i żmudnej pracy czynności wykonywane przez obserwatorów są wciąż nie do zastąpienia przez nawet najbardziej zaawansowane algorytmy.

Obecnie prowadzone są próby wdrożenia możliwie samodzielnie działających systemów w celu skutecznie prowadzonej korelacji między obrazami, pochodzącymi z różnych stanowisk kamery. Prace te mają za zadanie zwiększenie zakresu problemów pomiarowych, które fotogrametria byłaby w stanie rozwiązać.

Zależnie od zmiany parametrów położenia stanowisk kamery, branych pod uwagę przy porównywaniu zdjęć między sobą, proces kojarzenia fragmentów obrazów przebiega z większą lub mniejszą efektywnością. Trudność jest związana z dwoma pojawiającymi się problemami.

Pierwszy z nich związany jest ze znaczną zmianą elementów orientacji zewnętrznej kamery pomiędzy sąsiednimi zdjęciami. Znalezienie początkowego przybliżenia tych wielkości jest bardzo skomplikowane. Wynika to głównie z mnogości i czasochłonności obliczeń koniecznych do przeprowadzenia. Osobną kwestią, konieczną do uwzględnienia, jest odporność stosowanych algorytmów na pomyłki i wybranie niewłaściwych rozwiązań.

Drugim problemem jest automatyczne znalezienie odpowiadających sobie fragmentów obiektu na osobnych obrazach cyfrowych. Obiekt widoczny pod innym kątem może być kompletnie niepodobny do swojego wyglądu na poprzednim obrazie. Do identyfikacji odpowiadających sobie elementów zobrazowanej sceny konieczny jest operator.

Zadania z którymi ma do czynienia fotogrametria bliskiego zasięgu, szczególnie są narażone na niepowodzenie przy rozwiązywaniu za pomocą automatycznie działających procedur. Jest to związane przede wszystkim ze skomplikowaną konfiguracją stanowisk kamery podczas wykonania zdjęć. Obiekty, dla których mają być stworzone odpowiadające im modele trójwymiarowe muszą być odpowiednio otoczone stanowiskami kamery. Takie ustawienie jest spowodowane koniecznością ukazania tych obiektów z każdej strony.

Kamerą, wykorzystywaną do realizacji sesji zdjęciowej może być aparat cyfrowy rejestrujący pojedyncze klatki obrazu, lub kamera cyfrowa do zapisu ciągłego filmu. W drugim przypadku mamy zwykle do czynienia ze znacznie mniejszą rozdzielczością obrazów – ramek.

W tym przypadku korelacja obrazów dzięki małym różnicom między położeniem stanowiska kamery dla sąsiednich klatek filmu jest ułatwiona. Cecha ta charakteryzująca film o zapisie ciągłym, daje możliwość znacznego podniesienia niezawodności zbudowania wiernego modelu badanego obiektu.

Obrazy oferowane przez współczesne kamery rejestrujące film mają teoretycznie znaczny potencjał pomiarowy, którego wartość należy odpowiednio wykorzystać. Obecnie prowadzone badania w tym kierunku na świecie potwierdzają zasadność tego przypuszczenia.

2. PRZEGLĄD LITERATURY ZWIĄZANEJ Z POZYSKANIEM INFORMACJI Z SERII ZDJĘĆ

Literatura dotycząca problematyki korelacji, prowadzonej między kadratami zapisywanych filmów ukazuje trudności w tej tematyce i sposoby ich pokonywania proponowane przez autorów. Całość procesu technologicznego można podzielić na szereg istotnych i koniecznych do wykonania etapów.

Pierwszym z nich jest etap rejestracji filmu. W skład tego działania wchodzi odpowiednie przygotowanie kamery. Należy zablokować o ile to możliwe jak najwięcej parametrów jej pracy tak, aby rejestrowane klatki charakteryzowały się maksymalną powtarzalnością orientacji wewnętrznej kamery. Ważne jest nastawienie ogniskowania na stałą wielkość (zależną od wielkości ogniskowej układu optycznego oraz średniej odległości od rejestrowanego obiektu).

Przebieg trajektorii przemieszczania się kamery względem obiektu jest również bardzo ważny, aby uwzględnić wszelkie ważne, z punktu opracowania finalnego, detale obiektu, przeznaczone do modelowania trójwymiarowego.

Następnym etapem prac jest odpowiednie przygotowanie do pomiaru klatek filmu. Proces ten ma za zadanie przygotować materiał filmowy do przeprowadzenia identyfikacji punktów zakotwiczących sąsiednie klatki względem bazowej, kolejno branej pod uwagę (Gerke, 2008).

W jego zakres wchodzi zredukowanie szumów stosując filtrowanie dolnoprzepustowe oraz zwiększenie zróżnicowania tonalnego, poprzez rozciągnięcie histogramu do pełnego zakresu wartości nadawanych w procesie kwantyzacji (zwykle 8 bitowego). Celem tego etapu jest maksymalne tonalne upodobnienie poszczególnych klatek między sobą.

Po wstępnym przekształceniu przygotowawczym następuje proces wyboru punktów charakterystycznych w klatkach filmu. Dobierane są one z reguły tak, aby mogła nastąpić ich jednoznaczna identyfikacja na kolejnej klatce. Brane są pod uwagę miejsca położone na kontrastowych krawędziach zwłaszcza o cechach węzła łączącego te krawędzie. Przykład potencjalnych punktów do przeprowadzenia procesu korelacji pokazany jest na rysunku 1 (Ding, Zhang, 2008).

Po znalezieniu punktów niezwykle istotne jest określenie ich wzajemnej przynależności na różnych klatkach. To badanie dotyczyć może zarówno sąsiednich jak i oddalonych od siebie kadrów filmu (Gerke, 2008). Stosowane są tu bardzo różne podejścia, powodujące eliminację fałszywych detekcji punktów (Ding, Zhang, 2008). Zarówno na etapie zaznaczania punktów jak i ich łączenia z poszczególnymi kadrów, postępuje stopniowe wykrywanie bardziej złożonych elementów takich jak linie. Wyniki etapu prac uzyskane przez poszczególnych autorów są prezentowane na rysunku 2.

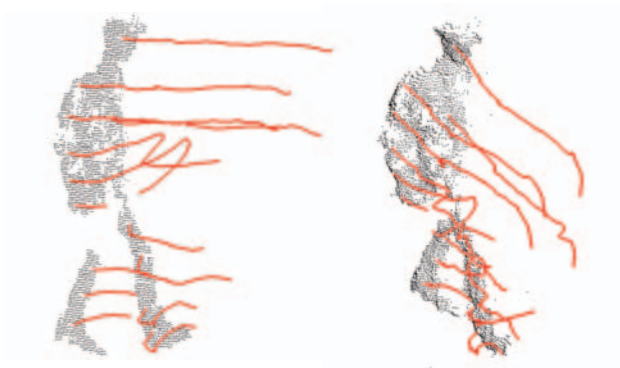


Rys. 1. Punkty charakterystyczne znalezione na różnych klatkach filmu (Ding, Zhang 2008).



Rys. 2. Identyfikacja punktów i elementów charakterystycznych na dwóch kadrach filmu: a) Ding, Zhang, 2008; b) Tian *et al.*, 2008.

Zależnie od badanego obiektu prowadzona jest ścieżka, złożona z punktów leżących w tym samym miejscu przestrzeni przedmiotowej, a zobrazowanych na różnych kadrach filmu. W trakcie pomiarów na tej samej zasadzie może być wyznaczana trajektoria ruchu obiektu poruszającego się względem nieruchomej kamery. Przykład wykrytych trajektorii ruchu człowieka przedstawiony jest na rysunku 3 (Apuzzo, 2001).



Rys. 3. Wyznaczony przebieg ruchu wybranych punktów na poruszającym się człowieku (Apuzzo, 2001).

Opisane w dalszej części eksperymenty mają za zadanie przygotowanie do procesu budowy modelu trójwymiarowego obiektu rejestrowanego na filmie.

3. EKSPERYMENTY ZWIĄZANE Z IDENTYFIKACJĄ PUNKTÓW OBIEKTU NA KADRACH FILMU

Wstępne eksperymenty prowadzone były wykorzystując kamerę wyposażoną w blokadę stałych ustawień ogniskowania. Obiekt, stanowiący pole testowe, znajdował się w odległości około metra przed kamerą. Generowany przez nią film charakteryzował się następującymi cechami:

- format obrazu: 1920x1080 pikseli,
- częstotliwość rejestrowanych klatek: 25 fps.,
- zapis filmu: format mpeg2 (*.tod).

Prowadzone badania podzielone były na kilka istotnych etapów. Po wybraniu pojedynczych klatek nastąpiła kalibracja obrazów. Ostatnim badanym w niniejszej pracy elementem było wykrycie odpowiadających sobie punktów na sąsiednich kadrach filmu.

3.1. Pozyskanie obrazów

Obecnie różnorodność formatów danych zapisywanych przez urządzenia pozyskujące obraz sprawia, że bardzo ważną kwestią jest odpowiedni dobór oprogramowania potrzebnego do konwersji postaci danych. Ważne jest to dla prowadzenia pomiarów o właściwej dokładności na zdjęciach.

Pierwszym elementem procesu technologicznego jest możliwość odczytu filmu, przez zastosowanie odpowiedniego dekodera do formatu zapisywanego przez kamerę. Kamera wykorzystywana w badaniach zapisywała w formacie mpeg2, o rozszerzeniu „tod”.

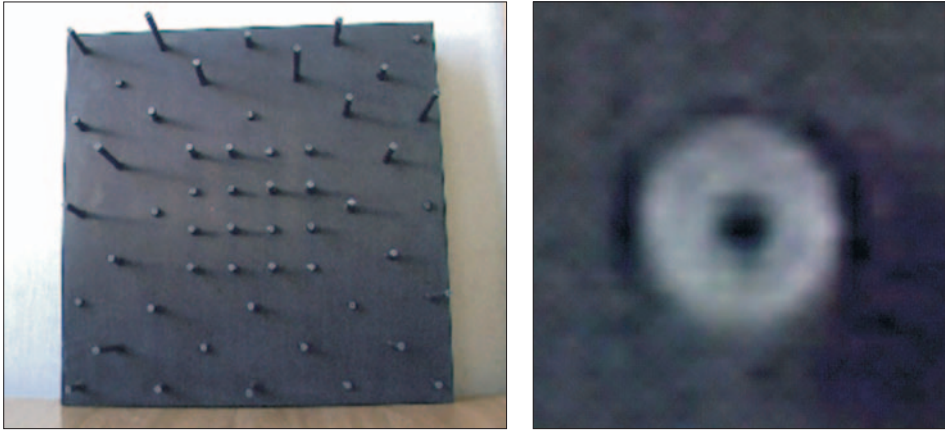
Następnie należy odczytać pojedyncze ramki obrazu, zachowując ich maksymalne parametry informacyjne. Do obu etapów był wykorzystany popularny program „*Classic Media Player*”.

3.2. Kalibracja kamery

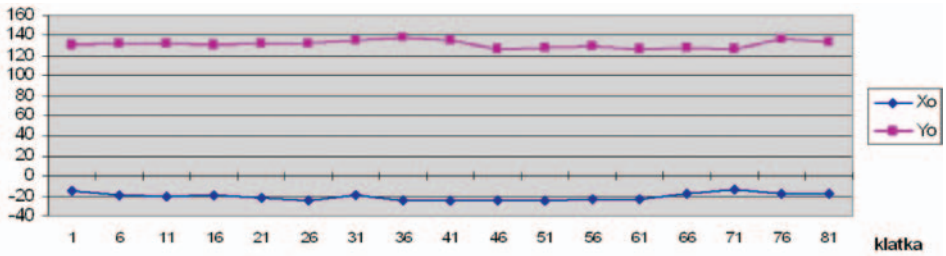
Zostały wykonane zdjęcia trójwymiarowego testu o wymiarach 60x60x15 cm pokazanego na rysunku 4.

Proces pomiaru współrzędnych łowych został wykonany za pomocą autorskiego programu komputerowego.

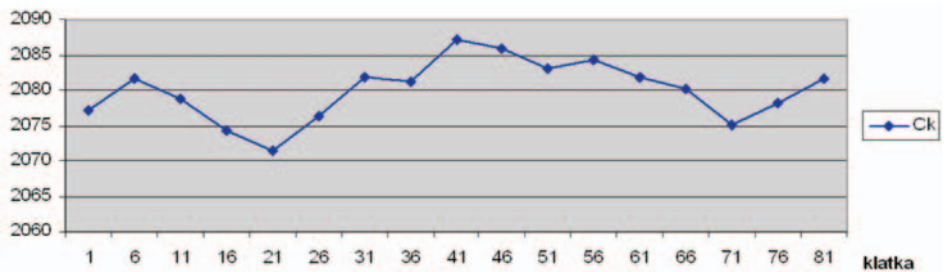
Kalibracja została przeprowadzona aproksymując błędy systematyczne odwzorowania standardowym modelem parametrycznym. Kalibracja była wykonywana dla pojedynczych obrazów programem „*Kalib*”, dostępnym w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Politechniki Warszawskiej. Wyniki kalibracji dla grupy klatek filmu przedstawione są na rysunku 5 i 6.



Rys. 4. Trójwymiarowe pole testowe przeznaczone do kalibracji ramek filmu i fragment zdjęcia pozyskanego kamerą.



Rys. 5. Powtarzalność wyznaczenia położenia punktu głównego.



Rys. 6. Powtarzalność wyznaczenia odległości obrazowej kamery.

Wyniki kalibracji podstawowych elementów orientacji wewnętrznej obrazów wskazują na znaczną powtarzalność ich wartości pomiędzy ramkami filmu. Daje to pewne przesłanki do założenia ich niezmienności w trakcie rejestracji.

3.3. Badanie możliwości korelacji fragmentów obrazu, pochodzących z sąsiednich klatek

Wykonany został z powodzeniem eksperyment poszukiwania punktów charakterystycznych na obrazie i znajdowania ich odpowiedników na następnym. W trakcie prowadzonego badania kryterium poszukiwań było związane z lokalnym gradientem obrazu w kilku kierunkach. W celu przyspieszenia procesu wyszukiwania podobnych fragmentów obrazów, zostały wykonane pewne wstępne czynności, zawierające między innymi filtrację dolnoprzepustową. Do badań był wykorzystany autorski program. Rysunek 7 przedstawia otrzymane rezultaty poszukiwań.



Rys. 7. Efekt znajdowania odpowiedników punktów identyfikowanych na sąsiednich klatkach filmu.

Powiązania w ten sposób uzyskane umożliwiają prowadzenie dalszych etapów rekonstrukcji trójwymiarowego kształtu i pokrycia obiektów. Na te etapy składa się wprowadzenie kontroli uzyskiwanych powiązań między obrazami oraz przeniesienie identyfikacji punktów na dalsze kadry filmu (poszerzając bazę).

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone eksperymenty wskazują na możliwość wykorzystania kamery jako środka rejestracji obrazów, które charakteryzują się znaczną powtarzalnością elementów orientacji wewnętrznej.

Analiza filmu wykazała możliwości w zakresie przeprowadzenia automatycznego wyszukiwania odpowiadających sobie punktów między klatkami. Stanowi to przygotowanie do kolejnych etapów opracowywanego procesu technologicznego.

5. LITERATURA

Apuzzo, N., 2001. Motion Capture From Multi Image Video Sequences. *Proc. of the XVIIIth Congress of the Int. Society of Biomechanics*, Zurich, Switzerland, CDROM paper #0106.

Ding Y., Zhang J. Q., 2008. Architectural Scene Rapid Reconstruction Based on Features. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII. Part B3b, Beijing.

Gerke M., 2008. Dense Image Matching In Airborne Video Sequences. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII. Part B3b, Beijing.

Tian Y., Gerke M., Vosselman G., Zhu Q., 2008. Automatic Edge Matching Across an Image Sequence Based on Reliable Points. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII. Part B3b, Beijing.

EVALUATION OF THE DEGREE OF AUTOMATION IN THE MEASUREMENT AND MATCHING OF IMAGES WITH SIMILAR EXTERIOR ORIENTATION

KEY WORDS: photogrammetry, close range, movie, correlation, 3D model

SUMMARY: The main purpose of the experiments carried out is to take advantage of the assumption that images registered by the digital video camera have similar external orientation elements, and as a result the position of the camera station in the terrain coordinates system, defined by coordinates of the indicative vector and rotation angles to the relevant axes, have similar values in neighbouring film frames. These conditions allow one to applying very fast and accurate solutions for automating the finding of common features in corresponding images. After making such connections it appears possible to create a three dimensional model of the registered feature. It appears that the measurement process is rendered more robust by the use of a large number of images at one time. The task of the experiments carried out within this project is to introduce absolutely flawless automation of the acquisition of three dimensional information about the shape of the features analysed. As a preparation for measurement, calibration of the photographs as well as identification of the points representing the same features in the area of the view recorded was carried out.

dr inż. Michał Kowalczyk
mikowalczyk@wp.pl
telefon: +48 22 2347694

* wersja kolorowa artykułu jest dostępna na stronie <http://www.sgp.geodezja.org.pl/ptfit>