

OBRAZOWANIA NISKOPUŁAPOWE W BADANIACH KRAJOBRAZU

Bogdan Jankowicz

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Bezpieczeństwo technologii (lotów) fotogrametrycznych, podniesienie ich jakości oraz obniżenie nakładów pracy i kosztów, również dotyczących późniejszych opracowań i aktualizacji, będących ich rezultatem – to problemy zawsze aktualne. Możliwość zastosowania w modelowaniu 3D dla analiz przestrzennych obrazów terenu z lotów na niskich pułapach, kilkadziesiąt metrów nad terenem, bezzałogowych, małych platform lotniczych (BŚL), wyposażonych w niewielkie kamery cyfrowe wydaje się godna uwagi. W niniejszej pracy przedstawiono próbę zastosowania do modelowania 3D terenu obrazów definiowanych jako niskopułapowe, czyli obrazów rejestrowanych z bezzałogowych środków (platform) lotniczych (BŚL) z niskich pułapów lotniczych, tj. wysokości lotu nie przekraczającej 100 metrów nad średnim poziomem obrazowanego terenu.

Słowa kluczowe: obrazy niskopułapowe, modelowanie 3D

WSTĘP

Zastosowanie do modelowania 3D terenu obrazów definiowanych jako niskopułapowe, realizowanych z wysokości lotu nie przekraczającej 100 metrów nad jego średnim poziomem zasługuje na szczególną uwagę. Celem ich zastosowania jest minimalizacja nakładów finansowych na pozyskanie optymalnej jakości obrazów cyfrowych do fotogrametrycznego opracowania na potrzeby lokalnych, przestrzennych analiz terenu (krajobrazu) dla zagospodarowania rozpatrywanego obszaru. Jako wynik ostatecznego opracowania założono, że będzie nim model 3D terenu, służący do dalszych analiz i projektowania z możliwością zastosowania programów z zakresu komputerowego wspomaganie projektowania – CAD.

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Bogdan Jankowicz, Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 253a, 30-198 Kraków, e-mail: rmjankow@cyf-kr.edu.pl.

Przyjęta metodyka opracowania charakteryzuje się:

- minimalizacją kosztów platformy lotniczej (bezzałogowej),
- zwiększeniem bezpieczeństwa lotu poprzez m.in. ograniczenie udziału człowieka,
- minimalizacją kosztów pozyskiwania danych (w tym kosztów sensora),
- ograniczeniem do minimum koniecznych procedur fotogrametrycznych dla otrzymania odpowiedniej jakości obrazów i ich późniejszych opracowań; w szczególnym przypadku – rezygnacja z kalibracji sensora (z uwzględnieniem potrzeb oraz zastosowanej technologii) oraz wykorzystanie aplikacji opartych na wykorzystaniu „chmury punktów”, a także internetowej techniki chmury obliczeniowej, tzw. Cloud Computing, dla automatycznego tworzenia modeli 3D w oparciu o pozyskane (podczas nalotu fotogrametrycznego) obrazy wielkoseryjne z zastosowaniem algorytmu SIFT (Scale Invariant Feature Transform).

Wymienione założenia spełnia cyfrowy system wielkoseryjnej rejestracji obrazów niskopułapowych wraz z oprogramowaniem. Stanowi go platforma lotnicza, wyposażona w kamerę cyfrową (aparatus niometryczny) realizującą zdjęcia z niskiego pułapu lotniczego seryjnie (tzw. rejestracja wielkoseryjna), o co najmniej kilkuminutowym czasie trwania sesji do momentu zapełnienia wysokopojemnej, ultraszybkiej karty pamięci, przy zachowaniu względnej powtarzalności orientacji wewnętrznej, współpracującą z oprogramowaniem do modelowania rzeźby terenu i obiektów.

REJESTRACJA OBRAZÓW NISKOPUŁAPOWYCH I MODELOWANIE 3D JAKO TECHNOLOGIA ZINTEGROWANA

Różnorodność metod stosowanych zarówno przy pozyskiwaniu danych obrazowych, jak i później, podczas realizacji modelu 3D obiektu, stwarza możliwość wyboru i konieczność optymalizacji przyjętej techniki i metodyki opracowania.

W przypadku nalołów fotogrametrycznych dokonywanych z niskiego pułapu zastosowanie systemu na bazie niskokosztowej, bezzałogowej platformy lotniczej, z kamerą cyfrową rejestrującą obrazy w bardzo długich seriach (w badaniach autora – kilkaset sztuk, a perspektywicznie znacznie więcej wraz z rozwojem technologii optoelektronicznych) w połączeniu z zastosowanym oprogramowaniem do modelowania 3D z serii obrazów spełniających ściśle określone parametry (szczególnie warunki pokrycia wspólnego) jest rozwiązaniem nowatorskim. Niewątpliwą zaletą techniki lotniczej „z niskiego pułapu” jest tworzenie dobrego modelu 3D.

Zaproponowana technologia wielkoseryjnej rejestracji obrazów niskopułapowych i modelowania 3D dla rozważanych zastosowań stanowi system, będący alternatywą dla tradycyjnych rozwiązań. W wyniku realizacji niskokosztowych lotów na stosunkowo małej wysokości nad terenem pozyskuje się zdjęcia w relatywnie dużej skali, o odpowiedniej precyzji i dokładności. Bardziej opłacalne staje się też zwiększenie częstotliwości aktualizacji pomiaru.

Tryb seryjny/wielkoseryjny pracy kamery (ryc. 1.) gwarantuje zdecydowanie lepszą stabilność orientacji wewnętrznej kamery, zwłaszcza odległości obrazowej, która wynika z tego, że w aparatach bez migawki czas ekspozycji (naswietlania) fotodetektorów regulowany jest elektronicznie poprzez odczyt z określoną częstotliwością zgromadzonych

w nich ładunków elektrycznych; układ optyczny, a tym samym obiektyw, pozostaje nieruchomy. Zastosowanie migawki w aparacie cyfrowym nie powinno pogarszać wspomnianej stabilności.



Ryc. 1. Przykładowe fragmenty szeregów obrazów niskopulapowych, wykonanych w technice wielkoseryjnej

Fig. 1. Example of fragments of low-height images, made in long-serial technique

Omawiana technologia (ryc. 2) oparta jest na nieskomplikowanej, ale stabilnej platformie lotniczej, wyposażonej w sensor obrazu, kamerę umożliwiającą realizację obrazów wielkoseryjnych, wysokopojemną pamięć, gwarantującą odpowiednią szybkość rejestracji (i pokrycie zdjęciami) ze stałym interwałem czasowym.

Technika ta bazuje na oprogramowaniu opartym na algorytmie SIFT, generującym automatycznie modele 3D terenu (rzeźby) na bazie chmury punktów (z kolekcji obrazów wielkoseryjnych o określonym pokryciu wspólnym) dla analiz krajobrazu. Analizy takie można wykorzystywać do celów projektowych i koncepcji zagospodarowania terenu (ryc. 4).

Praktycznie wszystkie znane zobrazowania z niskiego pułapu dotyczą wysokości lotu znacznie powyżej 100 m nad terenem. Autor proponuje, by wykorzystać pułap poniżej tego zakresu, nie kolidując tym samym z przepisami ruchu lotniczego. Z tego względu niniejsza publikacja poświęcona jest wykorzystaniu BŚL do pozyskiwania wielkoskalowych obrazów cyfrowych z niskiego pułapu, dla zastosowań specjalnych, z akcentem na analizy krajobrazu o zasięgu lokalnym, na bazie modelowania w oparciu o algorytm SIFT.

Opisywana metoda może być zastosowana praktycznie na dowolnej (zoptymalizowanej) platformie lotniczej, jako alternatywna dla aparatury realizującej zdjęcia pojedyncze, celowane (również automatycznie).

Istnieje wiele pakietów oprogramowania komercyjnego pozwalającego na tworzenie przestrzennych modeli obiektów, a rozwijające się równolegle programy darmowe mogą być też przydatne podczas tworzenia określonego produktu. Jedną z tej grupy aplikacji komputerowych jest Photofly Autodesk (123D Catch) pozwalający na generowanie chmury punktów, wykorzystując zbiór zdjęć niemetrycznych. W pracy poddano weryfikacji modele powierzchni utworzone na podstawie wygenerowanych przez to oprogramowanie chmur punktów. Technika obrazów wielkoseryjnych otwiera nowe możliwości tworzenia automatycznego systemu ich wyboru i optymalizacji do opracowania fotogrametrycznego.

STRUKTURA I FUNKCJONALNOŚĆ SYSTEMU

Urządzenia rejestrujące obraz (kamery) powinny zatem zapewniać dobrej jakości zdjęcia oraz powtarzalność orientacji wewnętrznej, o rozdzielczości gwarantującej wymaganą dokładność dla określonych opracowań, zwłaszcza o charakterze lokalnym – analiz terenu, krajobrazu, a także jego elementów (w tym pojedynczych obiektów architektonicznych o dużym znaczeniu dla kultury czy dziedzictwa narodowego).

Ponadto platformy bezzałogowe opcjonalnie mogą być wyposażone w automatyczną nawigację GPS oraz zdalną kontrolę rejestrowanego obrazu, zapewniającą właściwą orientację zdjęcia (obrazu). Opracowanie pozyskanych obrazów powinno być szybkie, dostatecznie dokładne kartometrycznie i zapewniać możliwość współpracy z systemami wspomaganie projektowania – CAD.

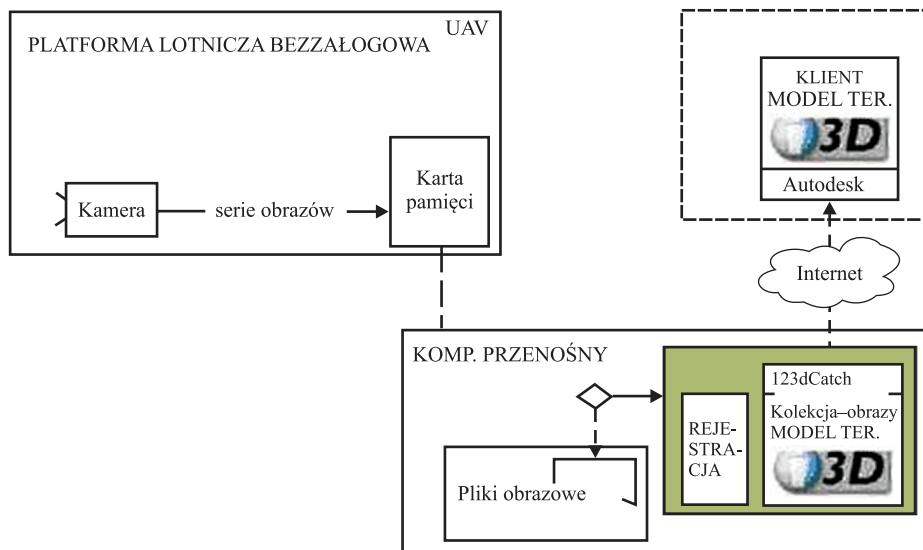
Wymagania te spełnia zaproponowana przez autora zintegrowana metodyka rejestracji obrazów wielkoseryjnych i modelowania, tworzących kolekcję do modelowania 3D. Stanowi ją platforma lotnicza, wyposażona w kamerę cyfrową (aparat niemetryczny), realizującą zdjęcia seryjne (tzw. rejestracja wielkoseryjna), o co najmniej kilkuminutowym czasie trwania sesji do momentu zapewnienia wysokopojemnej, ultraszybkiej karty pamięci, przy zachowaniu powtarzalności orientacji wewnętrznej oraz odpowiednim software do realizacji modelowania 3D, przy czym wydajność metody może znacząco wzrosnąć w związku z rozwojem techniki.

Nie bez znaczenia pozostaje również prosty, ekonomiczny, uniwersalny sposób opracowania (modelowania) fotogrametrycznego obrazów realizowanych wspomnianą techniką oraz przedstawiania ich w nowoczesnej formie graficznej, akceptowanej przez systemy wspomaganie projektowania CAD.

W rozwiązywaniu proponowanym przez autora pracy pozyskany z aparatu fotograficznego, cyfrowego (kamery) sygnał, zapisywany jest bezpośrednio na nośnik pamięci komputerowej, np. ultraszybką, wysokopojemną kartę SD (ryc. 2). Zarejestrowane wielkoseryjne obrazy gotowe są do opracowania fotogrametrycznego. Opracowanie to, w zależności od potrzeb zleceniodawcy, może nastąpić dwutorowo:

- z zastosowaniem tradycyjnych metod fotogrametrycznych (aerotriangulacja, dalej opracowanie kolejnych stereogramów – ortofotomap i ortofotomozajek);

- z zastosowaniem technologii Cloud Computing (chmury obliczeniowej), proponowanych przez autora, czyli wykorzystanie kolekcji zdjęć wielkoseryjnych do modelowania 3D z chmury punktów.



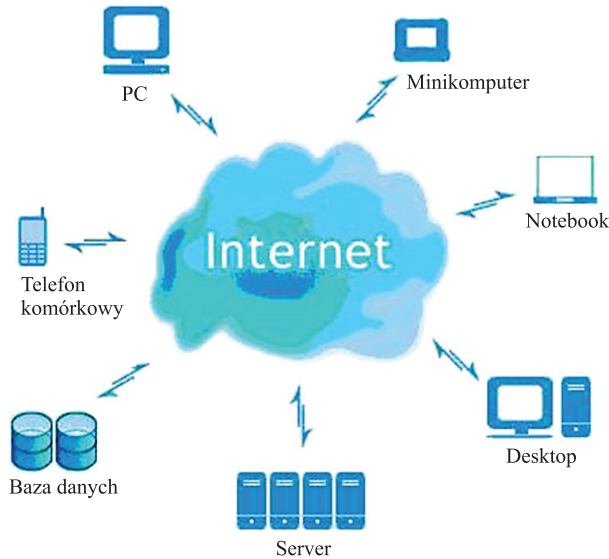
Ryc. 2. Zintegrowana technologia rejestracji obrazów wielkoseryjnych i modelowania – schemat
 Fig. 2. Integrated long-serial image-recording technology and modeling – scheme

Cloud Computing (ryc. 3) to model zarządzania środowiskiem IT z rozwiązaniami zapożyczonymi z ideologii funkcjonowania rozwiązań w sieci Internet. Filozofia Cloud Computing polega na przeniesieniu całego ciężaru świadczenia usług IT (danych, oprogramowania lub mocy obliczeniowej) na serwer i umożliwienie stałego dostępu poprzez komputery klienckie. Dzięki temu ich bezpieczeństwo nie zależy od tego, co stanie się z komputerem klienckim, a szybkość procesów wynika z mocy obliczeniowej serwera. Wystarczy zalogować się z jakiegokolwiek komputera z dostępem do Internetu, by zacząć korzystać z dobrodziejstw Cloud Computing. Odpowiada on potrzebom nowej epoki rozwiązań IT, w której priorytetem jest szybkość reakcji, efektywność i wydajność. Ponadto przedstawiony sposób zarządzania środowiskiem IT:

- Zmniejsza koszty użytkownika. Serwery i systemy chłodzenia zużywają coraz więcej prądu. Dotyczy to również kosztów utrzymania specjalistów IT, a nawet opłat za miejsce, w którym znajdują się serwery. Rozwiązania IBM pozwalają nie tylko zmniejszyć te koszty, lecz także zmniejszyć koszty samego Cloud Computing, wprowadzając możliwość płacenia za wykorzystaną moc obliczeniową w ściśle określonym czasie korzystania z danej usługi.
- Zwiększa bezpieczeństwo danych. Ze względu na organizację serwerów w Cloud Computing zabezpieczenia stają się zintegrowane.
- Odpowiada na potrzeby wynikające z coraz większej liczby połączonych urządzeń, ciągłych strumieni informacji i aplikacji WEB 2.0, takich jak otwarta współpraca, sieci społecznościowe i rozwiązania mobilne.

- Właściwie rozkłada zasoby obliczeniowe. W tradycyjnym modelu każdy komputer miał ograniczoną moc obliczeniową.

Pozostaje też inna możliwość, taka że dalej droga informacji z nośnika pamięci, poprzez komputer przenośny, pracujący w terenie, wyposażony w łącznik Internetu bezprzewodowego (modem) biegnie ku klientowi współpracującemu i na przykład zasila bazę danych obrazowych odbiorcy, bądź uzupełnia informację w serwisach internetowych, chociażby w wirtualnych globach, np. Google Earth (klient) [Jankowicz 2011].



Ryc. 3. Przepływ informacji w technologii Cloud computing
Fig. 3. The flow of information in the cloud computing technology

Możliwa jest zatem informacja zwrotna od klienta odnośnie do jego potrzeb w zakresie zobrazowań. Dzięki takiemu dialogowi (klient–operator) realizowane jest dynamiczne prowadzenie nalotu fotogrametrycznego w zależności od aktualnych (nawet korygowanych na bieżąco) potrzeb odbiorcy. Wyposażenie platformy w system GPS/IMU z kontrolerem lotu nie jest konieczne, lecz opcjonalne.

Korzyści wynikające z takiego rozwiązania to przede wszystkim niski koszt systemu i prosta konstrukcja.

System rejestracji obrazów bardzo dobrze współpracuje z aplikacjami internetowymi wykorzystującymi chmurę punktów, pracującymi w środowisku opartym na tzw. Cloud Computing (123dCatch – Autodesk), generując modele 3D rzeźby terenu – tworzy praktycznie system monolityczny. Dlatego też przedstawione rozwiązanie umożliwia szczególnie wykorzystanie BŚL do pozyskania wielkoskalowych obrazów cyfrowych z niskiego pułapu dla zastosowań specjalnych z akcentem na analizy terenu/krajobrazu o zasięgu lokalnym, tym bardziej, że analiza dokładności w oparciu o porównanie odległości kontrolnych na spoziomowanym modelu 3D oraz w terenie pokazuje na co najwyżej 30–40 cm odchylenia (ryc. 4).



Ryc. 4. Przykładowy model terenu dla celów projektu zagospodarowania
 Fig. 4. An exemplary model of land for the project development

PODSUMOWANIE

Omawiana technologia spełnia wymagane w fotogrametrii warunki dokładnościowe i charakteryzuje się:

- niskim kosztem platformy bezzałogowej oraz kamery, jak również opcjonalnością, a nie koniecznością, zastosowania systemów GPS/INS;
- możliwością pracy w środowisku Cloud Computing, tworzącym niemal bezpośrednio w terenie (po nalocie) – modele 3D badanego obszaru, w oparciu o chmurę punktów, upraszczając, a nawet eliminując procedury fotogrametryczne, konieczne przy tradycyjnym opracowaniu (kalibracja kamery, orientacje, aerotriangulacja);
- względną stałością orientacji wewnętrznej (odległości obrazowej) kamery w danej serii (obiektyw w stałym położeniu);
- wysokim pokryciem podłużnym zdjęć, dostosowanym do charakteru powierzchni rejestrowanej, umożliwiającym stworzenie precyzyjnego modelu terenu i obiektów;
- możliwością opracowywania obrazów nie tylko w celu wygenerowania modelu 3D, ale również jako wybiórczych stereogramów (z całej serii), podobnie jak w metodach standardowych;
- opcją nalotu fotogrametrycznego wybiórczo-precyzyjnego, zgodnie z rzeczywistymi potrzebami pokrycia terenu opracowaniem, a więc niekoniecznie według standardowych zasad przebiegu linii lotu, jak to ma miejsce w tradycyjnym nalocie na większych obszarach;
- możliwością aplikacji niskokosztowych obrazów niskopułapowych i ich opracowań do baz obrazowych odbiorcy, serwisów internetowych (wirtualnych globów) itp.

PIŚMIENNICTWO

Jankowicz, B. (2011). System wielkoseryjnej rejestracji obrazów w fotogrametrycznych bezzałogowych nalotach niskopułapowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego, Kraków.

LOW-HEIGHT IMAGINATION IN LANDSCAPE RESEARCHES

Abstract. Increased security of photogrammetry technologies (flights), raising the quality and lowering the cost of labor and also on subsequent developments and updates, which are the result, it is always current problems. The possibility of use 3D modeling for spatial analyses from low-height aerial images realized by unmanned, small aerial platforms (UAVs), equipped with small digital cameras seems to be worthy of attention. The intention of the author of this work is the problem of use 3D modeling terrain images defined as low-height, which means images recorded with unmanned platforms (UAVs) with low-height altitude not exceeding 100 meters above the average level of the area.

Key words: low-height image, 3D modeling

Accepted for print – Zaakceptowano do druku: 8.06.2015

Do cytowań – For citation: Jankowicz, B. (2015). Obrazowania niskopułapowe w badaniach krajo-brazu. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 14(2), 103–110.