

Sekcja Fotogrametrii i Teledetekcji Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk
oraz
Zakład Fotogrametrii i Teledetekcji Akademii Rolniczej w Krakowie

Archiwum Fotogrametrii Kartografii i Teledetekcji
Vol.6, 1997, str. 97 -105

Jacek Jarząbek
Aleksander Żarkowski

ORTOFOTOMAPA WYKONYWANA W SYSTEMIE LEICA-HELAVA

Streszczenie

Poniższy artykuł opisuje zagadnienia związane z cyfrowymi metodami przetwarzania obrazu i generowaniem ortofotomapy na przykładzie linii technologicznej znajdującej się w Pracowni Cyfrowego Przetwarzania w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie. Pracownia realizuje zadania Państwowej Służby Geodezyjnej i Kartograficznej. Prace prowadzone są w oparciu o sprzęt i oprogramowanie firmy Leica-Helava, którego głównymi elementami są Cyfrowa Stacja Skanująca DSW200 i Cyfrowa Stacja Fotogrametryczna DPW770. Oprócz dokładnej charakterystyki znajdującej się w CODGiK linii technologicznej, przedstawiliśmy możliwości wykorzystania jej produktów w systemach GIS wraz z płynącymi z tego korzyściami.

1. Wstęp

Jeszcze dwa, trzy lata temu terminy cyfrowa ortofotomapa czy też fotogrametria „ekranowa” były praktycznie nie używane w środowisku związanym z GIS. Dzisiaj dostępność cyfrowych stacji fotogrametrycznych, czy też systemów fotogrametrii „ekranowej” pozwala na łatwe i bardzo szybkie pozyskiwanie i aktualizację danych w systemach GIS. Jak wiadomo fotogrametria dostarcza trójwymiarową informację o terenie, a systemy GIS to w większości informacja dwuwymiarowa z wysokością przechowywaną jako atrybut elementu. Do otrzymania rzeczywiście trójwymiarowego GIS’u nowoczesna fotogrametria cyfrowa wydaje się być najlepszą drogą.

2. Główne produkty fotogrametrii cyfrowej

Dwoma głównymi i najbardziej wykorzystywanymi produktami nowoczesnej fotogrametrii cyfrowej są: Numeryczny Model Terenu oraz ortofotomapa wykorzystywana jako podkład lub źródło danych wektorowych.

Ortofotomapa czy też po prostu orto-obraz jest metrycznie skorygowanym pod względem przemieszczeń, wynikających z ukształtowania terenu obrazem o jednakowej skali i dokładności nie gorszej od tradycyjnej mapy topograficznej, zawierającym wiele więcej informacji niż tradycyjna mapa kreskowa. Całe bogactwo informacji zawartych na zdjęciu lotniczym przeniesione jest bezpośrednio na mapę bez wykorzystywania kartograficznych symboli generalizujących treść. Ortofotomapa może być używana do zbierania danych wektorowych bezpośrednio na ekranie komputera. W przeszłości do tego celu używane były stereoskopowe instrumenty fotogrametryczne lub pracochłonny pomiar terenowy. Dzisiaj operator może używając myszy zbierać dane wektorowe bezpośrednio z orto-obrazu na monitorze używając komputera jako monokomparatora. Ten sposób pozyskiwania danych wektorowych redukuje koszt tworzenia bazy danych, która w systemach GIS jest najbardziej kosztownym elementem. Często natłok informacji zawarty na ortofotomapie szczególnie kolorowej traktowany jest jako jej wada, ale naszym zdaniem zwiększa to zakres i możliwości jej zastosowań, a brak symboliki ułatwia korzystanie z niej ludziom nie zawsze potrafiącym czytać tradycyjne mapy.

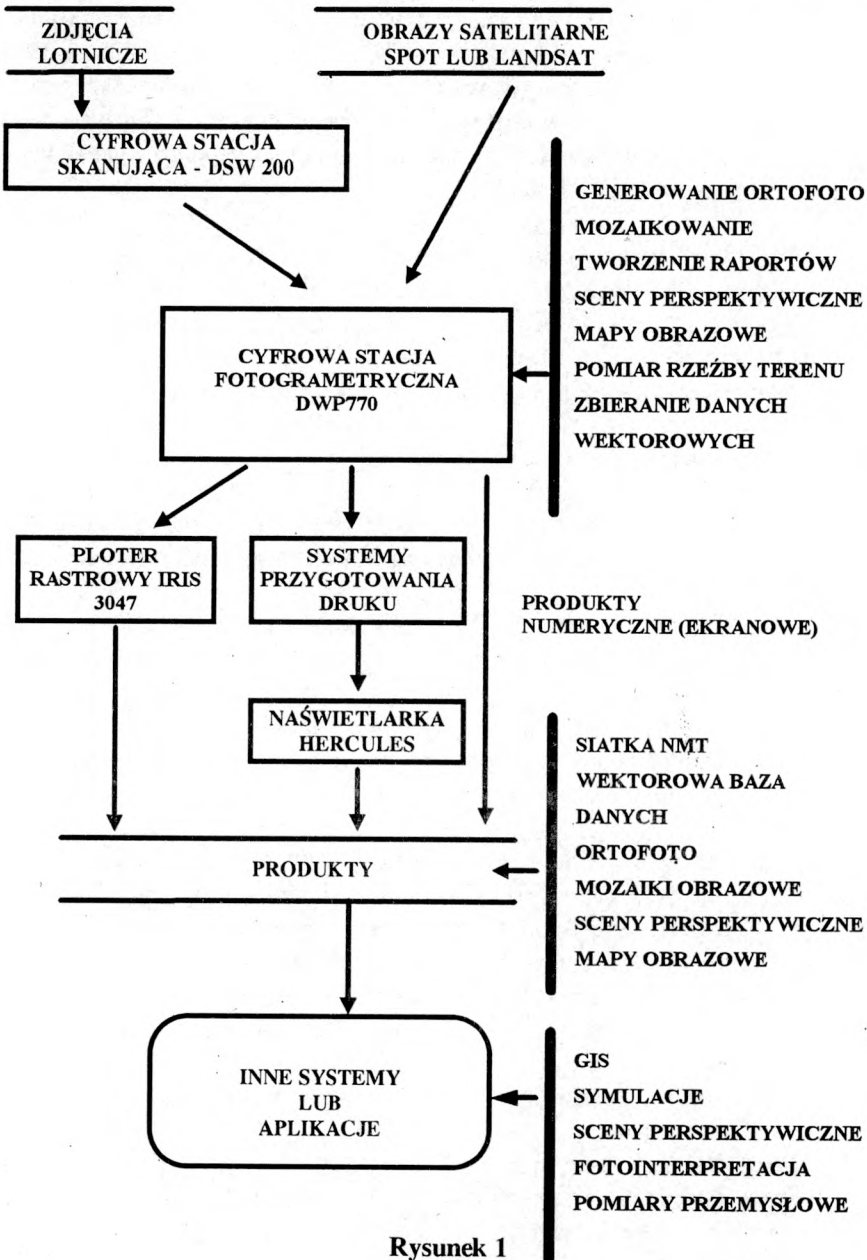
Drugim bardzo ważnym produktem fotogrametrii cyfrowej, niezbędnym do generowania orto-obrazu jest Numeryczny Model Terenu. Oprócz oczywistego zastosowania do ortorektyfikacji zdjęć, numeryczne przedstawienie rzeźby terenu ma ogromne zastosowanie w programach do modelowania przestrzennego (planowanie dróg, osiedli itp.). Ekspansja istniejących systemów GIS do modelu trójwymiarowego odbywa się przez dołączenie Numerycznego Modelu Terenu do GIS jako jednej z podstawowych warstw geoinformacyjnych.

3. Linia technologiczna cyfrowej ortofotomapy w CODGiK

Od niemal trzech lat zagadnieniami związanymi z cyfrowymi metodami przetwarzania obrazu i generowaniem ortofotomapy zajmuje się Pracownia Cyfrowego Przetwarzania w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie, realizując zadania Państwowej Służby Geodezyjnej i Kartograficznej. Prace prowadzone są w oparciu o linię

technologiczną firmy Leica-Helava, której głównymi elementami są Cyfrowa Stacja Skanująca DSW200 i Cyfrowa Stacja Fotogrametryczna DPW770.

Poniższy rysunek (rys. 1) prezentuje typowy przepływ produktów w systemie.



Rysunek 1

Cyfrowa Stacja Skanująca DSW200 działa w oparciu o platformę SUN SparcStation 20 i skaner wyposażony w kamerę CCD Kodak MEGAPLUS. Początkowo urządzenie to zaprojektowano jako wysokiej jakości komparator, następnie adaptowano do precyzyjnego skanowania; dwie szyby nośnika zapewniają doskonałe przyleganie materiału fotograficznego; te cechy DSW200 zapewniają wysoką dokładność skanera tj. błąd położenia punktu do 2mm. Skaner umożliwia skanowanie kolorowych oraz czarno-białych negatywów i diapozytywów. Oprogramowanie sterujące skanerem pozwala na korekcję barwną, umożliwiając usunięcie dominanty barwnej oraz uzyskanie szczegółów w światłach i w cieniach. Stacja zapewnia pełną kalibrację urządzenia (nośnika i sensora).

Głównym zadaniem stawianym przed Fotogrametryczną Cyfrową Stacją Roboczą DPW (Digital Photogrametric Workstation) firmy Leica-Helava jest wspomaganie oprogramowania bazującego na obrazach, które służą do sporządzania map i fotointerpretacji. DPW pozyskuje dane z obrazów rastrowych, analizując je i generuje produkty. DPW generuje produkty takie jak Numeryczny Model Terenu, raporty, wektorowe bazy danych, ortofotomapy, mapy obrazowe i mozaiki obrazowe.

DPW jest stacją roboczą ogólnego przeznaczenia i może być wykorzystywana do wspomagania szerokiego zakresu oprogramowania, włączając w to:

- uzupełnienie baz danych GIS (wektorowych i rastrowych)
- produkowanie map obrazowych
- inżynierię
- planowanie przestrzenne
- tworzenie baz danych wspomagających fotorealistyczne symulatory (Rapid Scene)

Oprogramowanie stacji DPW - „SOCET SET”, składa się z ponad 40 programów, łączonych w ciągi procesów, które między innymi wprowadzają dane (obrazy, współrzędne punktów itp.), wykonują analizy i generują finalne produkty. Do głównych zadań tych programów zalicza się:

- automatyczny pomiar Numerycznego Modelu Terenu,
- interaktywną graficzną edycję danych Numerycznego Modelu Terenu,
- interaktywny pomiar dwu- lub trójwymiarowych obiektów wektorowych,
- generowanie ortofotomapy,
- generowanie scen perspektywicznych,
- mozaikowanie obrazów,
- gromadzenie danych obiektowych,

- produkcję map obrazowych.

3.1 Automatyczny pomiar Numerycznego Modelu Terenu

Automatyczny pomiar Numerycznego Modelu Terenu odbywa się po uprzednim zdefiniowaniu parametrów procesu tj. granic mierzonego obszaru, wielkości oczka sieci oraz strategii pomiaru. Strategia pomiaru zawiera algorytm korelacyjny stereogramu wraz z parametrami wejściowymi, które odpowiednio dostrojone zapewniają polepszenie dokładności Numerycznego Modelu Terenu. Wykorzystując Hierarchiczną Korelację Relaksacji - „Hierarchical Relaxation Correlation” - HRC, Numeryczny Model Terenu dla obszaru gromadzenia danych będzie generowany automatycznie. Proces ten wykorzystując kilka przebiegów, tworzy i progresywnie zagęszcza sieć punktów wysokościowych dopóty, dopóki nie uzyska ostatecznego produktu w postaci Numerycznego Modelu Terenu. HRC jest w pełni automatyczny. Prędkość pomiaru mieści się w zakresie od 5 do 100 punktów na sekundę, w zależności od charakterystyki mierzonego terenu i wybranych parametrów przetwarzania. Trudno jest określić jakość dla tego procesu. Średnio od 70% do 90% wygenerowanych punktów jest poprawna, pozostałe można przejrzeć i poprawić przy użyciu narzędzi Interaktywnego Pomiaru Rzeźby Terenu.

3.2 Interaktywna Edycja Numerycznego Modelu Terenu

Narzędzia interaktywnej edycji służą do poprawienia rezultatów procesu automatycznej generacji Numerycznego Modelu Terenu obejmując :

- statyczny edytor punktów,
- dynamiczny edytor profili,
- wypełnianie powierzchni o stałej wysokości np. jeziora,
- wygładzanie powierzchni,
- interpolacja punktów na podstawie wysokości punktów sąsiednich,
- edytor linii geomorficznych.

3.3 Generowanie ortofotomapy

Generowanie ortofotomapy polega na przetworzeniu cyfrowych obrazów do jednakowej skali przy równoczesnym usunięciu zniekształceń obrazu wywołanych różnicami wysokości terenu i nachyleniem zdjęcia. Proces ortorektyfikacji przeprowadzany jest w oparciu o informację geometryczną uzyskaną z danych orientacji zewnętrznej i informację wysokościową uzyskana z

Numerycznego Modelu Terenu. Położenie każdego piksela wyjściowego ortofotomapy zdefiniowane jest we współrzędnych terenowych XY. Współrzędna wysokościowa każdego piksela interpolowana jest z Numerycznego Modelu Terenu. Barwa każdego piksela jest kopiowana z oryginalnego obrazu lub interpolowana z sąsiednich pikseli.

3.4 Generowanie scen perspektywicznych.

Sceny perspektywiczne mogą być generowane pojedynczo lub jako serie klatek odtwarzanych jako animacje z lotu ptaka. Odtwarzanie scen odbywa się przez nałożenie obrazu cyfrowego na Numeryczny Model Terenu i obiekty, przy wykorzystaniu specjalnego algorytmu. Trasa „lotu” zdefiniowana jest przez obserwatora a jej parametry to: prędkość, kąt podglądu, punkty charakterystyczne trasy. Dla każdego odtwarzanego poligonu oprogramowanie automatycznie wylicza wartości pikseli z obrazu wejściowego.

3.5 Mozaikowanie obrazów

Ortofotomapy mogą być mozaikowane razem wzdłuż linii spojenia zdefiniowanej przez operatora. Wzdłuż linii spojenia w zadanym pasie przeprowadzane są korekcje geometryczna i radiometryczna zapewniając uzyskanie doskonałej jakości obrazu. Proces ten umożliwia tworzenie ortofotomap w różnych skalach w oparciu o ten sam materiał.

3.6 Gromadzenie danych obiektowych.

System umożliwia pomiar trzech typów obiektów podstawowych: obiekty punktowe, liniowe i poligonowe, które mogą być grupowane do postaci obiektu grupowego, to jest składającego się z kombinacji obiektów podstawowych. Każdy obiekt ma niepowtarzalną nazwę, numer i przynależy do zdefiniowanej przez użytkownika klasy i warstwy. Każdy obiekt może mieć dopisane atrybuty, które są jego liczbowymi lub tekstowymi charakterystykami. Pomierzone obiekty są nałożone na obraz mono lub stereo w celu ciągłego śledzenia, sprawdzenia zgodności z terenem lub ewentualnej edycji.

3.7 Mapy obrazowe.

Danymi wejściowymi do procesu tworzenia map obrazowych są:

- obraz - zazwyczaj ortofotomapa,
- plik z marginaliami - plik tekstowy z informacjami o marginesach i informacjach pozaramkowych,
- dane wektorowe- np. warstwy, pomierzone elementy terenu itp.

Omawiany proces wyprowadza wynikową mapę obrazową w jednym z kilku popularnych formatów rastrowych umożliwiając jej druk lub dalszą obróbkę z wykorzystaniem oprogramowania DTP.

Produkty finalne mogą być dostarczane w formie zbiorów rastrowych lub zbiorów danych numerycznych zapisanych na kasetach streamerów lub płytach CD., oraz w formie wydruku na ploterze rastrowym IRIS czy też diapozytywów wydawniczych z naświetlarki Hercules firmy Linotype-Hell.

4. Dokładność produktów cyfrowej linii technologicznej firmy Leica-Helava

Wysoka dokładność ma kluczowe znaczenie dla każdego produktu DPW, włączając dane terenowe, dane obiektowe i ortofotomapy. Na dokładność cyfrowego opracowania DPW ma wpływ wiele czynników, z których zasadnicze znaczenie mają :

- poprawna kalibracja kamery lotniczej,
- refrakcja atmosferyczna,
- skurcz filmu pomiędzy ekspozycją a skanowaniem,
- błędy mechaniczne i optyczne skanera,
- dokładność osnowy fotogrametrycznej,
- błędne pozycjonowanie kursora na punktach osnowy,
- błędy operatorskie,
- algorytm aproksymujący model sensorowy,
- słaba korelacja obrazowa pewnych obszarów wpływająca na proces automatycznego pomiaru Numerycznego Modelu Terenu,
- błędy plotera.

Dokładność produktów DPW (geopozycjonowania, scen perspektywicznych, danych terenowych, danych obiektowych, itd.) mierzona jest w przestrzeni terenowej. Mierzone są dwa rodzaje dokładności: względna i absolutna. „Dokładność względna” jest to dokładność pomiaru odległości pomiędzy obiektami; „dokładność absolutna” jest dokładnością pomiaru w stosunku do rzeczywistego terenu.

Dokładność produktów DPW jest głównie funkcją dwóch czynników:

1. rozdzielczości obrazów cyfrowych, a dokładniej współczynnika Terenowej Odległości Próbkowania GSD (Ground Sample Distance) mierzonego w metrach na piksel.
2. dokładności punktów osnowy wykorzystywanych podczas aerotriangulacji.

Względna dokładność produktu zdeterminowana jest głównie przez współczynnik obrazowy GSD. Absolutna dokładność produktu uzależniona jest głównie od dokładności danych osnowy. Zakładając doskonałość danych punktów osnowy, produkty generowane po aerotriangulacji generalnie mają dokładność względną od 0.5x do 2.0x współczynnika GSD, poziomą dokładność absolutną od 1.0x do 3.0x współczynnika GSD, pionową dokładność absolutną od 0.4x do 2.0x współczynnika GSD. Dodatkowym obciążeniem dokładności mogą być błędy wywołane kalibracją i jakością skanera oraz niedostateczne przyleganie filmu do nośnika podczas skanowania.

5. Podsumowanie

Wykorzystanie w fotogrametrii cyfrowego przetwarzania obrazów otworzyło przed Systemami Informacji o Terenie nowe możliwości:

- automatyczne pozyskanie Numerycznego Modelu Terenu i wzbogacenie GIS o trzeci wymiar,
- generowanie cyfrowej ortofotomapy,
- generowanie scen perspektywicznych w oparciu o Numeryczny Model Terenu,
- automatyzację pozyskiwania danych wektorowych,
- aktualizację danych wektorowych.

Ortofotomapa wykonana w technologii cyfrowej może stanowić podkład wzbogacając dane wektorowe. Prezentuje najbardziej aktualne dane, jednocześnie konfrontując bazę danych z terenem zobrazowanym na przetworzonym zdjęciu lotniczym.

Cyfrowa ortofotomapa jest każdym pikselem dowiązana do układu współrzędnych, oferując co najmniej taką samą dokładność jak mapy topograficzne.

Dzięki korekcie radiometrycznej i mozaikowaniu, wiele obrazów ortofoto może być łączonych w jeden obraz o znacznie lepszej jakości niż zdjęcie lotnicze.

Cyfrowe metody przetwarzania obrazu umożliwiają korekcję radiometryczną zdjęć wykonanych w odległym czasie, co pozwala na uniknięcie drastycznych różnic tonalnych w obrazie.

Cyfrowe obrazy ortofoto mogą być przetwarzane i mozaikowane umożliwiając wykonanie map w różnych skalach, przy wykorzystaniu tego samego materiału.

Śledząc dynamiczny rozwój cyfrowych technik przetwarzania obrazu można pokusić się o twierdzenie, że po 2000 roku fotogrametria cyfrowa stanie się główną techniką pozyskiwania danych terenowych, zarówno dla potrzeb kartografii jak i GIS.

Literatura:

1. Instrukcja użytkownika - DPW 770 Leica-Helava
2. XVIII Kongres ISPRS, Wiedeń 1996:
 - Allan, Anthony - „Softcopy Photogrammetry and its Applications in GIS”.
 - Schmidt, Dieter - „In Transition of 2.5D to 3D GIS”.
 - Tempfli, Klaus - „Practicable Photogrammetry for 3D-GIS”.

Summary

This paper describes problems connected with digital methods of image processing and orthophoto generation on the basis of technological line in Digital Processing Laboratory in Main Geodetic and Cartographic Documentation Center in Warsaw. The ordinary responsibilities of our Laboratory is to help the General Surveyor of Poland to complete his tasks. The projects are performing with the use of Leica-Helava software and hardware, which consists of Digital Scanning Workstation DSW200 and Digital Photogrammetric Workstation DPW770. Apart from the detailed description of selected technological issues, we are going to present possibilities of introducing the variety of different products into the GIS-systems and benefits of the proposed approach.

Recenzował: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Sitek