

GENEROWANIE ORTOFOTOMAPY W APLIKACJI INTERNETOWEJ

ORTHOPHOTO GENERATION IN THE WEB APPLICATION

Zygmunt Paszotta

Zakład Fotogrametrii i Teledetekcji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

SŁOWA KLUCZOWE: ortofotomapa, Internet, Java, aplikacja internetowa, numeryczny model terenu.

STRESZCZENIE: Tworzenie ortofotomapy ze zdjęć lotniczych jest procesem złożonym wymagającym specjalistycznego oprogramowania na cyfrowej stacji fotogrametrycznej. Okazuje się jednak, może on być zrealizowany przez Internet. Nawet, jeżeli ma to być sposób obciążony pewnymi ograniczeniami, to walory dydaktyczne i użytkowe takiego rozwiązania są duże. Skłoniły one autora do podjęcia się opracowania odpowiedniej metody realizacji. W artykule przedstawiono rozwiązanie tego zagadnienia. Ze względu na dostępność rozwiązania zdecydowano się na architekturę klient-serwer, gdzie klientem jest przeglądarka internetowa użytkownika. Tego typu aplikacje nazywa się aplikacjami webowymi. W publikacji opisano podstawy matematyczne budowy ortoobrazu jako funkcji. Algorytm generowania ortoobrazu przedstawiono przy pomocy diagramów. Współrzędne punktów do numerycznego modelu terenu wyznaczane są w sposób automatyczny. Ponieważ obszar ortoobrazu jest niewielki, limitowany wymiarami okna w przeglądarce użytkownika, przyjmuje się uproszczony model terenu w postaci płaszczyzny. Ortorektifikacja wykonywana jest na serwerze a siatka nakładana w aplecie klienta. Z uwagi na interpolację, obraz taki ma gorszą jakość od obrazu źródłowego, dlatego przedstawiono również zdjęcia źródłowe z siatką układu współrzędnych. W obu przypadkach obliczane są i wyświetlane współrzędne terenowe punktów wskazywanych przez kursor. Oprogramowanie, na które składają się aplety i serwlety zostały napisane w języku Java. Aplikacja jest dostępna na stronie internetowej autora <http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/>

1. WPROWADZENIE

Rozwój fotogrametrii jest w ostatnich latach ściśle związany z rozwojem technologii informatycznych. Przy wykorzystaniu Internetu można wizualizować mapy wektorowe jak również lotnicze i satelitarne obrazy terenu. W powszechnym użyciu są serwisy tj. GoogleEarth, Google Maps, zumi.pl, itp. Idea budowy tych aplikacji jest zapisana w zadaniach grupy roboczej ISPRS. Tego typu aplikacje są elementem systemów informacji geograficznej (Peng, Tsou, 2003). Budową tych aplikacji zajmują się wiele grup informatyków a także kilka grup roboczych ISPRS. Idea tworzenia ortofotomapy za pośrednictwem Internetu wpisuje się w ten nurt prac. Rozszerza ona możliwości fotogrametrii. Z uwagi na dostępność aplikacji przyjęto, że powinna to być tzw. aplikacja webowa, a zatem aplikacja rozproszona o architekturze klient-serwer z tzw. cienkim klientem. Klientem jest przeglądarka internetowa. Aplikacje takie mają swoje ograniczenia związane z szybkością transferu i dostępnością do zasobów komputera użytkownika. Jeżeli jednak przyjęte rozwiązanie będzie wydajne

i funkcjonalne, mimo tych ograniczeń, użytkownik będzie miał do dyspozycji proste i bezpieczne narzędzie do lokalnego generowania ortofotomap. Może mieć ono duże zastosowanie w geodezji, planowaniu przestrzennym, turystyce, nawigacji, obronności oraz edukacji.

Do wygenerowania ortofotomapy potrzebne są: rastrowy obraz terenu wraz z elementami jego orientacji oraz numeryczny model terenu. Zakładamy, że zasoby te znajdują się na serwerze. Elementy orientacji zapisane są w bazie danych a obraz terenu w postaci zdjęcia cyfrowego jako piramida obrazów. Użytkownik, korzystając z przeglądarki, interaktywnie (w trybie on-line) ma wygenerować ortofotomapę zadanego obszaru będącego obrazem cyfrowym uzyskanym w procesie ortorektyfikacji zdjęcia cyfrowego.

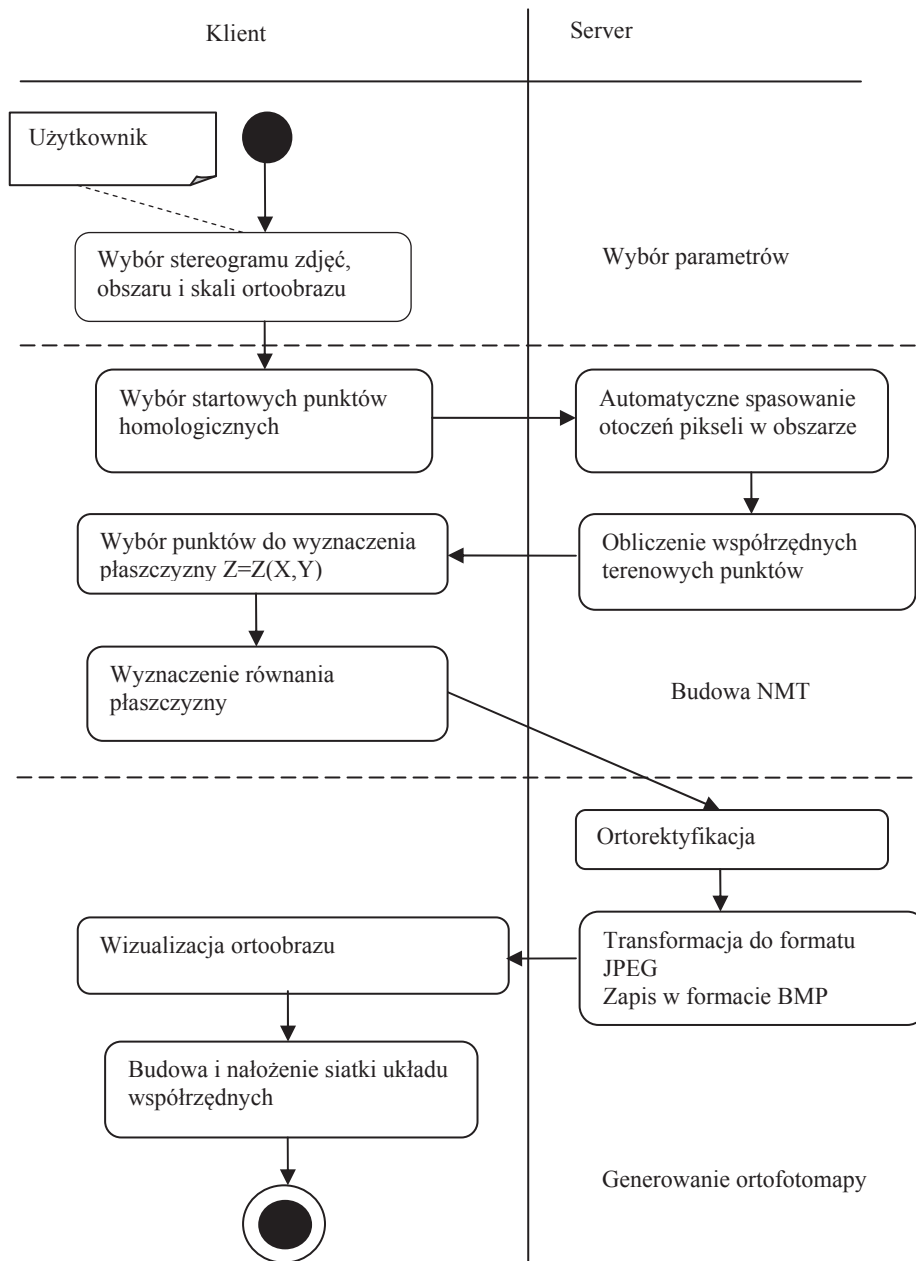
2. ALGORYTM BUDOWY ORTOFOTOMAPY

W celu zbudowania ortofotomapy użytkownik musi określić obszar ortofotomapy i jej skalę. Ortofotomapa będzie wizualizowana na ekranie monitora w środowisku przeglądarki internetowej. W trakcie jednego połączenia z klientem mają być wykonane następujące operacje: ortorektyfikacja na serwerze, kompresja i przesłanie adresu do pobrania ortoobrazu. Z tego względu, jak również z powodu szybkości transmisji, ortofotomapa powinna zmieścić się na ekranie monitora. W chwili wybrania stereogramu zwracane są z serwera elementy orientacji zdjęć, co pozwala nałożyć w sposób przybliżony siatkę układu współrzędnych terenowych. Siatkę tę nakładamy na lewe zdjęcie obliczone są także przybliżone współrzędne terenowe punktu wskazywanego przez kursor (rys.1)



Rys.1 Wybrany obszar generowania ortofotomapy

Przyjmujemy, że numeryczny model terenu nie jest znany, dlatego potrzebny jest stereogram zdjęć. Proces budowy ortoofotomapy będzie przebiegał jak na rysunku 2.



Rys. 2. Diagram budowy ortofotomapy

3. BUDOWA UPROSZCZONEGO NUMERYCZNEGO MODELU TERENU

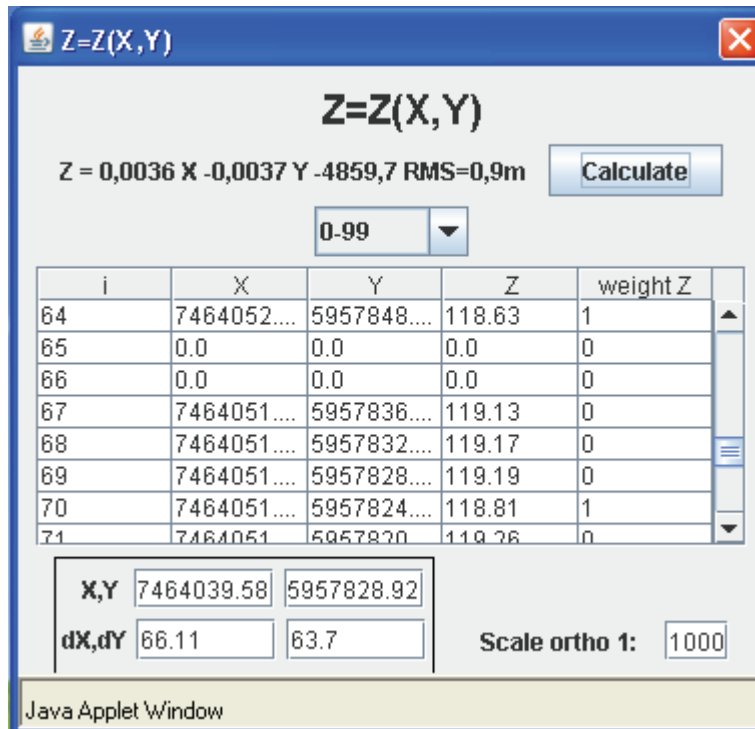
Po zadaniu początkowej pary punktów homologicznych spasowanie pozostałych otoczeń pikseli przebiega automatycznie, co ilustruje rysunek 3 (Paszotta, 2003). Miarą podobieństwa obrazów jest współczynnik korelacji między obrazami. Kolory pikseli przekształcane są na poziomy szarości. Użytkownik określa wartość progową współczynnika korelacji, wielkość otoczeń pikselowych podlegających spasowaniu oraz zakres zmiany współrzędnej pikselowej x na prawym obrazie. Ze względu na mały obszar ortofotomapy model terenu aproksymuje się płaszczyzną o równaniu

$$Z = AX + BY + C \quad (1)$$

Parametry tej płaszczyzny estymuje się metodą najmniejszych kwadratów. Punkty do jej wyznaczenia wybierane są przez użytkownika przez nadanie wagi równej 1, jak na rysunku 4. Zgodność między automatycznymi pomiarami współrzędnej Z a przyjętym modelem jest oceniana przez obliczenie RMS. Miara ta posłuży dalej do określania błędu położenia punktów na ortofotomapie. Metoda aproksymacji NMT nie jest kluczowym zagadnieniem przedstawianej metody budowy ortofotomapy. Można korzystać z gotowego modelu lub przyjąć inną metodę budowy NMT.



Rys. 3. Rozmieszczenie punktów *matchingu*



Rys. 4. Wybór punktów i aproksymacja płaszczyzną

4. GENEROWANIE ORTOFOTOMAPY

Parametry do generowania ortofotomapy na serwerze pobierane są z kilku źródeł: elementy orientacji zdjęć z bazy danych, fragmenty zdjęcia ze zbioru na serwerze, pozostałe dane - parametry budowy ortofotomapy od klienta.

Ortoobraz powstaje w wyniku ortorektyfikacji. Jest to obraz złożony z pikseli, których kolory wyznaczone są na podstawie kolorów pikseli zdjęcia. Jeżeli przez (i,j) oznaczymy indeksy pikseli zdjęcia a przez (i',j') indeksy pikseli ortobrazu to zdjęcie cyfrowe

i ortobraz cyfrowy możemy oznaczyć odpowiednio przez $c(i,j)$ i $c'(i',j')$. Kolory pikseli ortobrazu wyznaczamy za pomocą funkcji złożonej (Paszotta, 2000):

$$c'(i', j') = c(e(g(f(i', j')))), \quad (2)$$

gdzie:

$f : (i', j') \Rightarrow (X, Y)$ - przekształca współrzędne pikselowe na ortofotomapie na współrzędne terenowe;

$g : (X, Y, Z(X, Y)) \Rightarrow (x, y)$ - przekształca poprzednio wyznaczone współrzędne terenowe oraz współrzędną Z wyznaczoną z numerycznego modelu terenu, na współrzędne tłów, zgodnie z równaniami kolinearności;

$e : (x, y) \Rightarrow (i, j)$ - przekształca współrzędne tłoze na współrzędne pikselowe na zdjęciu;

$c : (i, j) \Rightarrow c(i, j)$ - jest kolorem piksela (i, j) , albo kolorem wyznaczonym w wyniku interpolacji, na podstawie kolorów otoczenia tego piksela, w zależności od przyjętej metody resamplingu.

W celu określenia koloru piksela na ortofotomapie przyjęto wariant bez interpolacji kolorów. Można go określić również jako metoda najbliższego sąsiada lub interpolacja przez powielenie (Skarbek, 1993). Aby uzyskać odpowiednią jakość obrazu, korzysta się z obrazu piramidy o rozdzielczości terenowej najbardziej zbliżonej do rozdzielczości ortoobrazu.

W wyniku ortorektyfikacji powstaje obraz cyfrowy kompresowany do formatu JPEG oraz niezależnie, kartometryczny obraz w pliku BMP. Pierwszy jest automatycznie pobierany przez aplet klienta i wizualizowany w oknie jego przeglądarki. Drugi może być pobrany za pomocą usługi FTP.

Ortorektyfikacja wykonywana jest przez servlet napisany w języku Java. Jego wielkość wynosi ok. 14 KB. Wykonanie ortoobrazu przedstawionego na rysunku 5 wraz z przesłaniem i wyświetleniem na komputerze użytkownika trwa do kilkunastu sekund (przy transmisji ok. 1Mb/s). W górnej części okna wyświetlane są współrzędne terenowe punktu ortofotomapy wskazanego przez kursor oraz przesunięcie radialne punktu określone dla błędu współrzędnej Z równego RMS z rysunku 4. Dla wybranego punktu wynosi ono 0.17m (terenowy rozmiar piksela zdjęcia ok. 0.13 m).

5. PODSUMOWANIE

W publikacji przedstawiono algorytm oraz komputerowy program generowania ortofotomapy przez Internet. Rozwiązanie takie nie było dotąd przedmiotem publikacji lub prezentacji w Internecie. Jakkolwiek wielkość obszaru limitowana jest przez Internet to należy spodziewać się, że w najbliższych latach ograniczenia te zostaną zredukowane. Zawarty w aplikacji algorytm ortorektyfikacji nie wprowadza jakichkolwiek uproszczeń, które wpływałyby na zmniejszenie dokładności ortofotomapy. Tak jak w innych programach, dokładność geometryczna zależy przede wszystkim od: dokładności NMT, estymacji parametrów orientacji i geometrii zdjęcia.

Aplikacja umieszczona jest na serwerze Zakładu Fotogrametrii i Teledetekcji UWM i można ją uruchomić ze strony internetowej autora <http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/>. Aplikacja ta dostępna jest z dowolnego komputera podłączonego do Internetu i dlatego zawiera opisy w języku angielskim. Do realizacji przykładu wykorzystano zdjęcia terenu Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w skali 1:5000.



Rys. 5. Wizualizacja ortofotomapy w środowisku przeglądarki internetowej użytkownika

6. LITERATURA

Paszotta Z., 2000. *Method of Exterior Orientation of Aerial Images by Matching Orthoimages*. Wydawnictwo UWM, Olsztyn, ISSN 1509-3018 ISBN 83-88343-79-3

Paszotta Z., 2005. Java i fotogrametryczne aplikacje internetowe. *Geodezja kartografia i aerofotoznimania*. Wydawnictwo Politechnika Lwowska s. 223-227. ISSN 0130-1039

Peng Z., Tsou M., 2003. *Internet GIS, Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks*. John Wiley & Sons, Inc

Skarbek W., 1993. *Metody reprezentacji obrazów cyfrowych*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa.

ORTHOPHOTO GENERATION IN THE WEB APPLICATION

KEY WORDS: orthophoto, Internet, Java, Web Application, DTM.

Summary

The process of creating orthophotomaps from aerial photographs is complex and requires specialist software on a digital photogrammetric station. However, it turns out that this process can, with certain limitations, be executed on the Internet. Even if simplified solution is involved, its didactic and functional advantages are great. These advantages induced the author to work out the appropriate method of working out such a problem. The paper describes generation of an orthophotomap via the Internet. On account of the availability of the solution presented, the author decided to use the client-server architecture of the application in which the user's Internet browser is a client (a program accesses a remote service on another computer through a network). Applications of this type are being called web applications.

The mathematical foundations of constructing orthoimage as a function are described. The algorithm of orthoimage generation is presented with the aid of UML diagram. The terrain coordinates of points which are being used to create a digital terrain model (DTM) are measured and calculated automatically. However, the orthophotomap area is small and limited by dimensions of the Internet browser window. Thus, in the process of orthoimage creation via the Internet, the author has assumed a simplified DTM in the form of a plane. Orthorectification is performed on the server side, but the grid coordinate system is superimposed on the orthophotomap by means of applet on the client side. Because of resampling, the quality of the orthoimage created is worse than that of a source image. Therefore, the source photograph with the system of coordinates is also presented. In both cases the image and terrain coordinates of a point shown by the cursor are calculated and printed in the header of the Internet browser window.

The Internet software presented, consisting of applets and servlets, was written in the JAVA programming language. The application described works on the Department of Photogrammetry and Remote Sensing server (<http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/>).

dr hab. Zygmunt Paszotta, prof. UWM
e-mail: paszotta@uwm.edu.pl
tel. 089 523 47 12
fax: 089 523 32 10