

**FOTOGRAMETRYCZNE APLIKACJE Z WYKORZYSTANIEM  
PRZEGLĄDARKI INTERNETOWEJ**

**PHOTOGRAMMETRIC APPLICATIONS USING  
INTERNET BROWSERS**

**Zygmunt Paszotta**

Katedra Fotogrametrii i Teledetekcji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**SŁOWA KLUCZOWE:** przeglądarka internetowa, technologia klient-serwer

**STRESZCZENIE:** Zastosowanie Internetu w fotogrametrii wiąże się z przekazywaniem informacji opisowych oraz obrazów rastrowych. Budowa takich aplikacji jest złożona i ma swoje ograniczenia zwłaszcza, gdy aplikacja ta wykorzystuje po stronie klienta przeglądarkę internetową. W artykule autor przedstawia strukturę i opisy wykonanych kilku wybranych aplikacji internetowych wykorzystujących przeglądarkę typu IE, Opera lub Mozilla. Do opisu wykorzystano diagramy czynności języka UML. Jako pierwsza przedstawiona została aplikacja wyznaczania współczynników transformacji z układu współrzędnych pikselowych do układu współrzędnych tłowych. Pomiar współrzędnych pikselowych znaczków tłowych jest zautomatyzowany. Po wskazaniu początkowego znacznika oraz obszaru drugiego znacznika, wszystkie znaczniki odnajdywane są z wykorzystaniem metody spasowania obrazów. Za pomocą drugiej aplikacji można wyznaczyć elementy orientacji wzajemnej oraz generować przestrzenne obrazy terenu w postaci anaglifów. Kolejna aplikacja pozwala mierzyć współrzędne terenowe punktów stereogramu oraz mierzyć pola powierzchni zaznaczonych wielokątów. Przedstawione rozwiązania mają duże walory dydaktyczne. Do prezentacji przykładów wykorzystano zrzuty ekranowe wykonane w trakcie wykonywania aplikacji przez Internet za pomocą przeglądarki. Z punktu widzenia struktury programu, są to aplikacje rozproszone, a zatem funkcje zapisane jako procedury oraz dane znajdują się na kilku komputerach sieci. Wykorzystuje się technologię klient serwer z cienkim klientem lub webową architekturę trójwarstwową. Procedury tej aplikacji po stronie serwera jak i klienta zostały napisane w języku Java. Niezbędne dane jak elementy orientacji zdjęć i parametry obrazów przesyłane są binarnie lub w postaci zbiorów tekstowych. Zdjęcia zaś jako zbiory typu JPEG, wycinane z piramidy obrazów przechowywanych na serwerze w postaci zbiorów typu BMP. Anaglify przesyła się jako strony zapisane w kodzie HTML zawierające zbiór typy JPEG. W artykule przedstawiona jest również koncepcja budowy numerycznego modelu terenu oraz ortoobrazów przez Internet. Opisywane aplikacje działają na serwerze Katedry Fotogrametrii i Teledetekcji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie ( <http://www.kfit.uwm.edu.pl/zp/>). Dostępne są również z pośrednictwem strony internetowej International Society of Photogrammetry & Remote Sensing, WGIV/5: Web-based Geoinformation Services & Applications.

## 1. WSTĘP

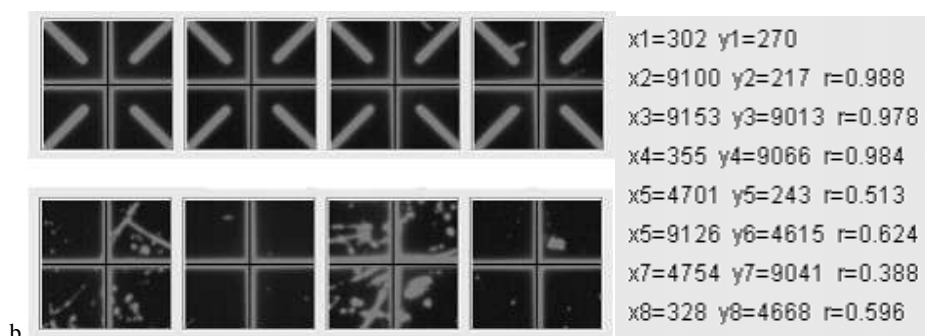
Wraz z rozwojem Internetu pojawiły się różne jego zastosowania w systemach informacji przestrzennej. W systemach tych przekazywane są głównie informacje opisowe zawarte w bazach danych. Jeżeli nawet informacje te tworzą obrazy to są to obrazy wektorowe. Zastosowanie Internetu w fotogrametrii wiąże się z przekazywaniem informacji opisowych oraz obrazów rastrowych. Budowa takich aplikacji jest złożona i ma swoje ograniczenia zwłaszcza, gdy aplikacja ta wykorzystuje po stronie klienta przeglądarkę internetową.

Z punktu widzenia struktury programu, jest to aplikacja rozproszona, a zatem funkcje zapisane jako procedury oraz dane znajdują się na kilku komputerach sieci. Wykorzystuje się technologię klient serwer z ciekim klientem lub webową architekturę trójwarstwową. Rozwiązanie to ma wiele zalet w postaci: możliwości uruchomienia aplikacji z każdego miejsca na świecie, łatwego dostępu do różnych zasobów danych, braku konieczności instalowania oprogramowania u klienta. Walory naukowe i dydaktyczne są ogromne. Ograniczenia lub wady to: mała szybkość wykonywania, ograniczony dostęp do zasobów komputera klienta i w efekcie ograniczona funkcjonalność tych aplikacji. Mimo tego można realizować wiele podstawowych zadań fotogrametrycznych takich jak: wizualizacja zdjęć w różnych skalach, pomiar współrzędnych tłowych, wykonywanie orientacji zdjęć, wyznaczanie współrzędnych terenowych punktów. Dalszymi etapami może być budowa numerycznego modelu terenu i ortofotomapy.

## 2. TRANSFORMACJA Z UKŁADU WSPÓLRZĘDNYCH PIKSELOWYCH DO TŁOWYCH

Aby nieco skrócić diagram czynności zakładamy, że użytkownik wybrał zdjęcie na serwerze i przesłane mu zostały współrzędne tłowe znaczków tłowych.





Rys. 1. Automatyczny pomiar współrzędnych znaczków tłowych

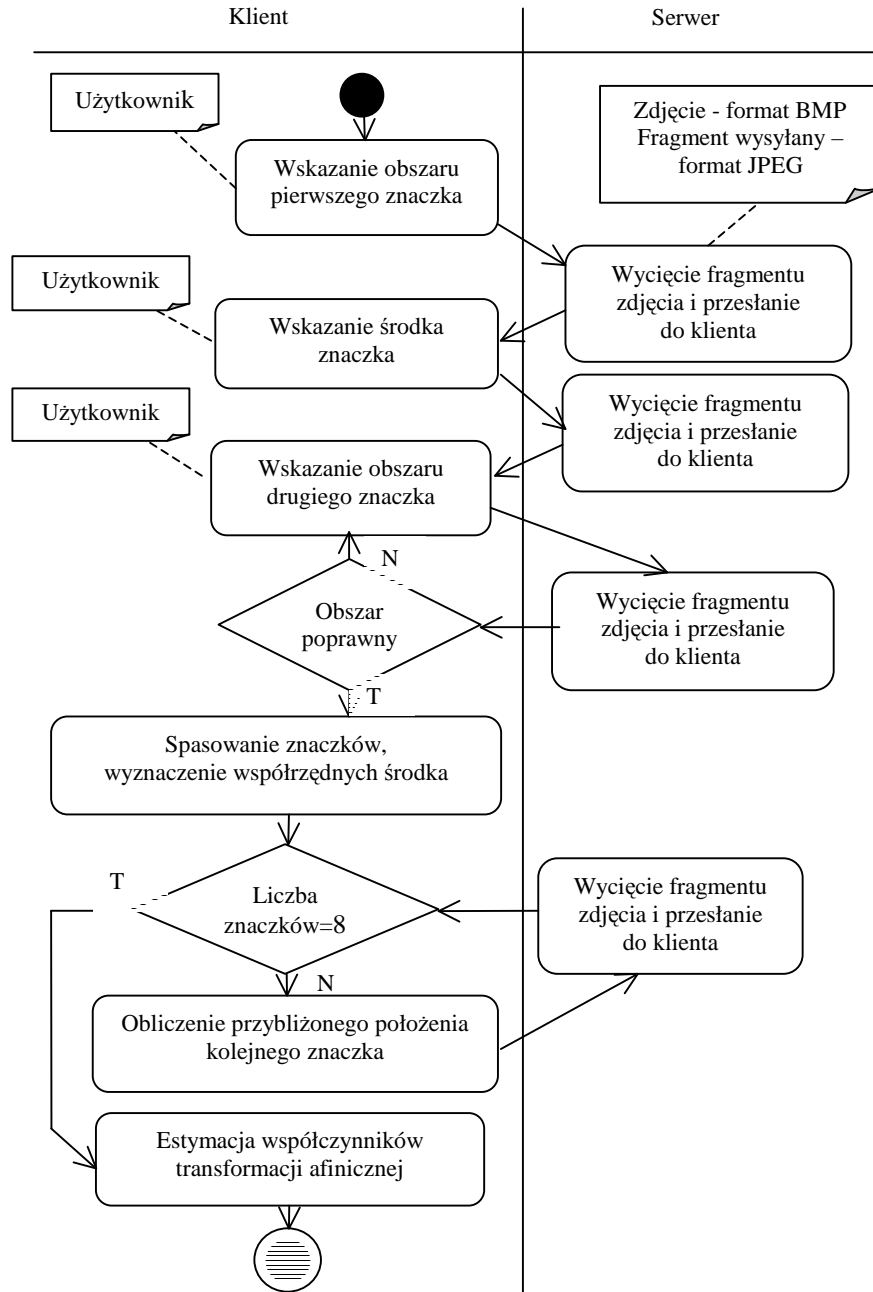
Najistotniejszym zadaniem jest jednak pomiar współrzędnych pikselowych znaczków tłowych. Został on w dużej mierze zautomatyzowany (rys. 1a, 1b). Wszystkie etapy procesu obliczeniowego przedstawia rysunek 3, zaś wyniki rysunek 2.

$$x = a_0 (x - x_s) + a_1 (y - y_s) + a_2 \quad y = b_0 (x - x_s) + b_1 (y - y_s) + b_2$$

i	x	y	x'	y'
1	302	270	-109.999	109.96
2	9100	217	109.993	109.963
3	9153	9013	109.996	-110.032
4	355	9066	-110.001	-110.031
5	4701	243	-0.0060	109.968
6	9126	4615	109.999	-0.036
7	4754	9041	0.0010	-110.022
8	328	4668	-109.995	-0.036

$a_0=0,02500$	$dx_0= -0,00209$ (mm)	$dy_0= 0,00281$ (mm)
$a_1=-0,00015$	$dx_1= -0,00443$ (mm)	$dy_1= 0,00515$ (mm)
$a_2=-0,01078$	$dx_2= -0,00419$ (mm)	$dy_2= -0,01453$ (mm)
$b_0=-0,00015$	$dx_3= -0,00686$ (mm)	$dy_3= -0,01286$ (mm)
$b_1=-0,02501$	$dx_4= -0,00634$ (mm)	$dy_4= -0,00202$ (mm)
$b_2=-0,01756$	$dx_5= 0,01269$ (mm)	$dy_5= -0,00627$ (mm)
$x_s=4727$ $y_s=4641$	$dx_6= -0,00180$ (mm)	$dy_6= 0,03332$ (mm)
	$dx_7= 0,01302$ (mm)	$dy_7= -0,00560$ (mm)

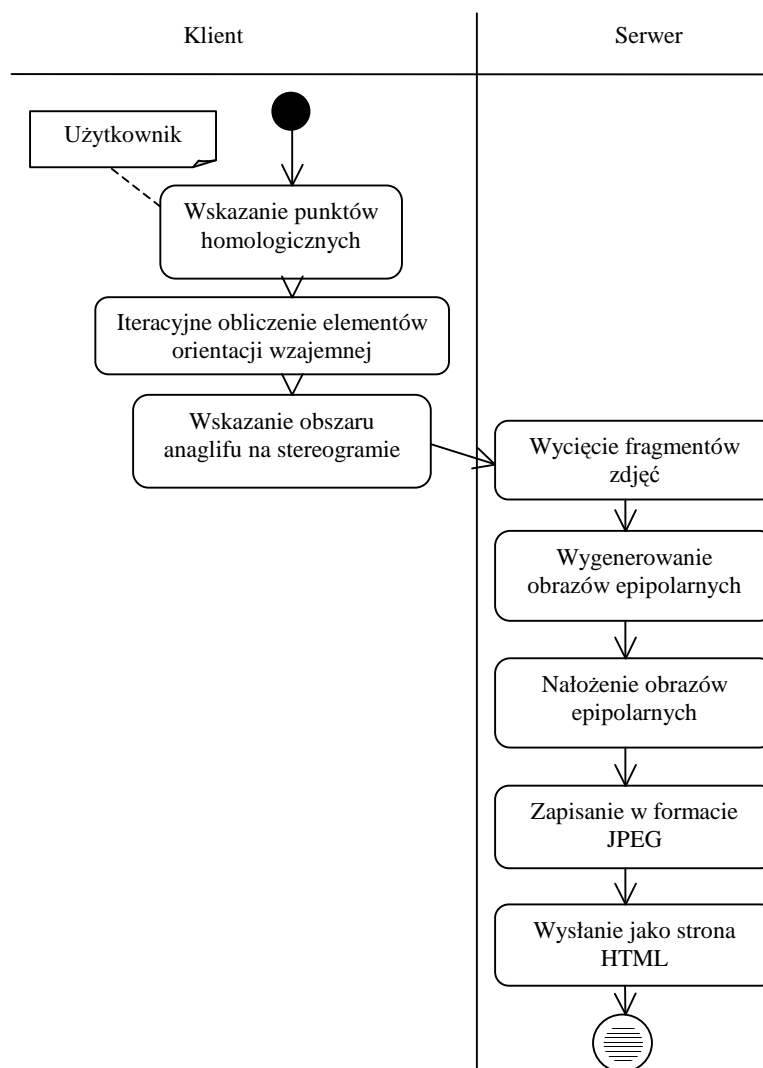
Rys. 2. Rezultaty obliczeń



Rys. 3. Diagram czynności w procesie wyznaczenia przekształcenia z układu współrzędnych pikselowych do słowych

### 3. ORIENTACJA WZAJEMNA STEREOGRAMU I GENEROWANIE ANAGLIFÓW

Kluczowym rozwiązaniem pozwalającym na realizację internetową tego zagadnienia jest możliwość korzystania z piramidy zdjęć za pośrednictwem Internetu. Zakładamy zatem, że taka piramida istnieje na serwerze. Podobnie jak poprzednio zakładamy również, że wybrane zostały zdjęcia a dokładniej stereogram. Dalszy ciąg procesu wykonywania orientacji wzajemnej zdjęć i budowy anaglifu opisany jest za pomocą diagramu z rysunku 4.


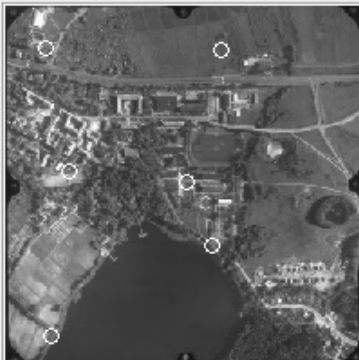


Rys. 4. Diagram czynności w orientacji wzajemnej stereogramu

W trakcie pomiarów współrzędne, co najmniej sześciu punktów homologicznych, gromadzone są w tabeli (rys. 5). Przy prawidłowo rozmieszczonych i starannie pomierzonych punktach homologicznych uzyskuje się już w trzeciej lub czwartej iteracji wystarczająco dokładne parametry orientacji.

280-279 Kort. ▾
1:1 ▾
1:1 ▾
500x500 ▾
Stereopair



Right Subimage
Relative Orientation

Test Data
 x1= 8366
y1= 4324
x2= 4700
y2= 4512

i	x1	y1	x2	y2	x'	y'	x''	y''	d
0	4458.0	875.0	967.0	1021.0	-6.189	94.199	-93.492	91.095	0.0020
1	9020.0	788.0	5535.0	1067.0	107.8...	95.683	20.761	89.205	-0.0030
2	5141.0	4056.0	1566.0	4216.0	10.409	14.543	-79.02	11.081	-0.0090
3	8199.0	4242.0	4623.0	4490.0	86.846	9.428	-2.597	3.732	0.016

L: x1= 8199 y1= 4242
×
R: x2= 4623 y2= 4490
×

Rys. 5. Identyfikacja punktów homologicznych w orientacji wzajemnej stereogramu

W trakcie pomiarów, współrzędne, co najmniej sześciu punktów homologicznych gromadzone są w tabeli (rys. 5). Przy prawidłowo rozmieszczonych i starannie pomierzonych punktach homologicznych uzyskuje się już w trzeciej lub czwartej iteracji wystarczająco dokładne parametry orientacji (rys. 6)

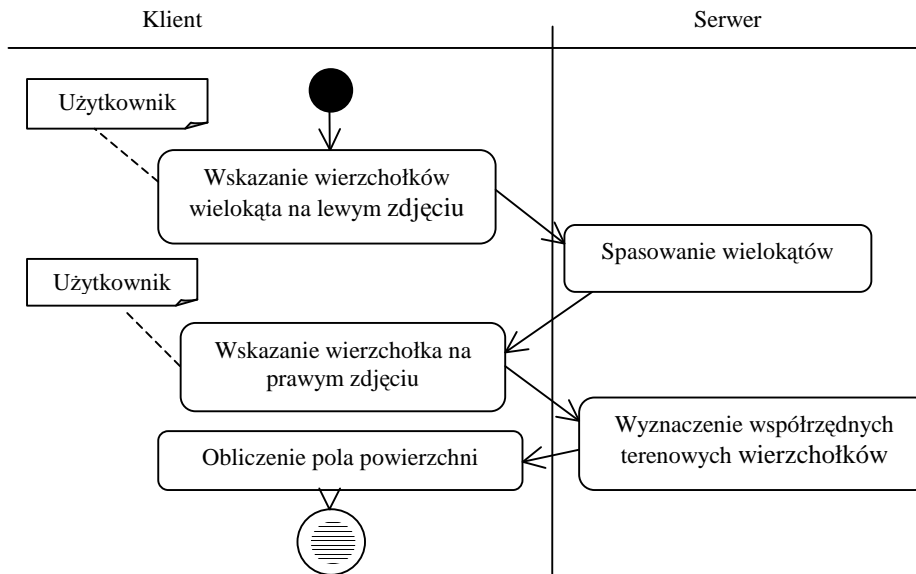
om=0,00140317	om=0,00122889	om=0,00122833
fi=-0,00228005	fi=-0,00231344	fi=-0,00231344
ka=0,02912224	ka=0,02904879	ka=0,02904809
bx=1,00000000	bx=1,00000000	bx=1,00000000
by=0,05944788	by=0,06051512	by=0,06051584
bz=0,00858578	bz=0,00421094	bz=0,00421267
D_om=0,00140317	D_om=-0,00017428	D_om=-0,00000056
D_fi=-0,00228005	D_fi=-0,00003340	D_fi=0,00000001
D_ka=0,02912224	D_ka=-0,00007345	D_ka=-0,00000070
D_by=0,05944788	D_by=0,00106724	D_by=0,00000072
D_bz=0,00858578	D_bz=-0,00437484	D_bz=0,00000173

Rys. 6. Parametry orientacji wzajemnej w kolejnych iteracjach

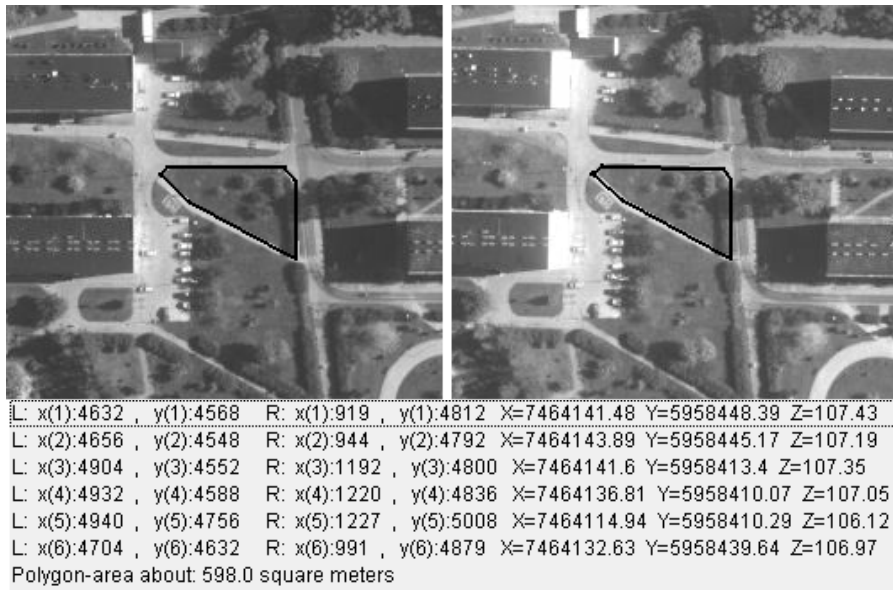
Ze względu na ograniczenia edytorskie uniemożliwiające publikowanie tutaj obrazów kolorowych opis przykładu nie będzie zakończony prezentacją anaglifu. Anaglif ten można jednak uzyskać przez Internet po uruchomieniu aplikacji i wykonaniu czynności opisanych powyżej. Użytkownik nie musi też za każdym razem wykonywać orientacji wzajemnej. Jeżeli użytkownik nie wykona orientacji wzajemnej to do budowy obrazów epipolarnych zostaną wykorzystane elementy orientacji wzajemnej zapisane wcześniej na serwerze.

#### 4. WYZNACZANIE WSPÓŁRZĘDNYCH TERENOWYCH

Aby zrealizować to zadanie za pośrednictwem Internetu trzeba mieć możliwość korzystania z fragmentów zdjęć na różnych poziomach piramidy. Organizacja i wymiana danych między klientem a serwerem musi pozwolić na określanie współrzędnych pikselowych punktów homologicznych oraz transformowanie ich do kolejnych układów współrzędnych z wykorzystaniem elementów orientacji zdjęć. Zakładamy, zatem, że wykonana została orientacja wzajemna stereogramu i bezwzględna modelu lub orientacje zewnętrzne zdjęć stereogramu. Parametry tych orientacji oraz parametry transformacji afinicznych z układów współrzędnych pikselowych do tłowych znajdują się na serwerze. Jeżeli w wyniku zastosowania metody matchingu znajdziemy odpowiednio duży zbiór punktów homologicznych to obliczone ich współrzędne terenowe mogą posłużyć do budowy numerycznego modelu terenu. Zagadnienie to było już przedmiotem publikacji i zostało szczegółowo opisane (Paszotta, 2005). W tym artykule przedstawione zostanie inne podejście polegające na fotogrametrycznym wyznaczeniu współrzędnych terenowych punktów a następnie obliczeniu pola powierzchni wielokąta, którego uprzednio wskazane punkty są wierzchołkami. Automatyzacja tego pomiaru polega na spasowaniu wierzchołków wielokątów na lewym i prawym zdjęciu. Diagram czynności dla wykonania tego zadania przedstawia rysunek 7, a realizację przykładu rysunek 8.



Rys. 7. Diagram czynności w zadaniu obliczania pola powierzchni



Rys. 8. Praktyczna realizacja zadania obliczania pola powierzchni



## 5. KONCEPCJA GENEROWANIA ORTOFOTOMAPY

Realizacja koncepcji interaktywnego generowania ortofotomapy za pośrednictwem Internetu nie jest obecnie sprawą prostą. Nawet, jeżeli nie osiągnie się w tym zakresie zadowalających rezultatów praktycznych w sensie produkcyjnym to i tak walory edukacyjne i naukowe tego rozwiązania mogą być znaczące. Należy się również liczyć ze stałym postępowaniem w dziedzinie rozwiązań internetowych, co w niedalekiej przyszłości może zaowocować doskonalszymi rozwiązaniami dla celów fotogrametrii. Podstawą do takiego stwierdzenia są dotychczasowe, wieloletnie doświadczenia autora z prac nad tworzeniem i użytkowaniem własnego oprogramowania do generowania ortofotomapy oraz doświadczenia z realizacji zadań fotogrametrycznych przez Internet. Najważniejszy etap w procesie budowy ortofotomapy, czyli generowanie ortoobrazu musi być wykonywany po stronie serwera. Jeżeli ortoobraz przedstawić jako funkcję:

$$c'' : (i'', j'') \Rightarrow c''(i'', j'') \quad (1)$$

gdzie  $c''$  to kolor piksela o indeksach  $(i'', j'')$ , to można ją wyrazić jako następującą funkcję złożoną (Paszotta, 2000):

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

gdzie:

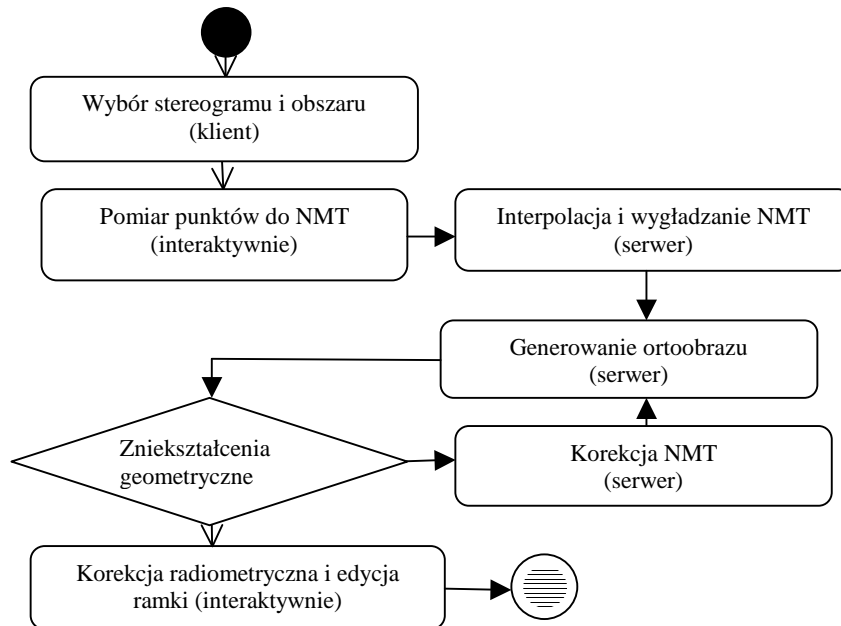
$f : (i'', j'') \Rightarrow (X, Y)$ , przekształca współrzędne pikselowe na ortofotomapie na współrzędne terenowe;

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

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

$c : (i, j) \Rightarrow c(i, j)$  jest kolorem piksela  $(i, j)$ , bądź kolorem wyinterpolowanym na podstawie otoczenia tego piksela, w zależności od przyjętej metody resamplingu.

Nie wdając się w szczegóły rozwiązań innych etapów możliwy jest do zrealizowania proces opisany za pomocą diagramu na rysunku 9. Etap mozaikowania, jako trudny do zrealizowania w trybie interakcyjnym przez Internet, został w tej koncepcji jeszcze pominięty.



Rys. 9. Diagram czynności w procesie generowania ortofotomapy

## 6. PODSUMOWANIE

Autor przedstawił przykłady realizacji zadań fotogrametrycznych za pośrednictwem Internetu. Jest to wynik prac prowadzonych od 2000 roku, które wraz z rozwojem języka Java dawały coraz bardziej zaawansowane rozwiązania. Bezpośrednim powodem napisania tego artykułu jest coraz większe zainteresowanie zagadnieniami budowy fotogrametrycznych aplikacji internetowych. Jako przykłady można wskazać system ARPENTEUR (Gussenmayer, Drap 20010), realizowany projekt GEOPORTAL oraz powstanie grupy roboczej WG IV/5 „Web-based GeoInformation Services & Applications”, działającej w ramach ISPRS. Przykłady opisane w tym artykule można uruchamiać ze strony internetowej tej grupy (<http://www.commission4.isprs.org/wg5/> → Demo Projects) lub ze strony autora <http://kfit.uwm.edu.pl/zp/>.

## 7. LITERATURA

Gussenmayer P., Drap P., 2001. Possibilities and limits of Web photogrammetry – Experiences with the ARPENTEUR web based tool. *Photogrammetric Week '01*, Wichmann, s. 275-282.

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

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

## PHOTOGRAMMETRIC APPLICATIONS USING INTERNET BROWSERS

KEY WORDS: internet browser, photogrammetric internet application, client-server technology

### Summary

Using internet technology for photogrammetric tasks is connected with the combined transfer of descriptive information and raster images. The construction of this kind of software is complicated and has many limitations, especially when applications make use of internet browsers on the client side. In this paper, the author concentrates on the possibilities offered by the Internet. Proposed solutions of photogrammetric tasks are based on an application server and computers equipped with standard internet browsers, e.g. Internet Explorer, Netscape, Opera. The structures and specifications of several selected internet applications created by the author are described. All of them were written in Java. Activity diagrams in the UML language were used to describe the structures of algorithms.

The first presented application determines the transformation coefficients from the pixel coordinate system to the fiducial coordinate system. Measurement of the pixel coordinates of fiducial marks is automated. After indication of the initial fiducial mark and the area of the approximate location of the next fiducial mark, the remaining marks are appointed using image correlation methods. The elements of relative orientation and three-dimensional image of the terrain in an anaglyph form can be generated by means of the second described application.

The next program surveys points in a stereopair and calculates their terrain coordinates. The area of the polygon given by measured point is also determined. The print screens, which were executed during the program run via Internet, were used for presentation of the examples. The introduced solutions have great didactic value. They are distributed applications from the point of view of program structure.

Thus, the functions written as procedures and data are located on several network computers. To create them, client-server technology with thin client or a three-layer system architecture was used. Essential data such as elements of photos orientation and parameters of images are sent in binary or in the form of a text package. Photos, which are cut out from original image pyramid stored on server in the BMP files, are delivered to user as JPEG files. Anaglyphs are transferred as web pages in HTML code. The idea of generating Digital Terrain Model and orthoimages via Internet is also presented in the article.

The described applications work on the Department of Photogrammetry and Remote Sensing server. They are also accessible by the agency of the internet page of International Society of Photogrammetry & Remote Sensing, WGIV/5: Web-based Geoinformation Services & Applications.

Dr hab. Zygmunt Paszotta, prof. UWM  
e-mail: paszotta@uwm.edu.pl  
tel. +89 5234712