

Jerzy Saczuk

## ZAGADNIENIE PREZENTACJI MAPY WEKTOROWEJ NA TLE OBRAZÓW RASTROWYCH W SYSTEMIE GEOSSET

### Streszczenie

W referacie poruszono pozostające na styku fotogrametrii cyfrowej zagadnienie prezentacji mapy wektorowej na tle cyfrowych zdjęć fotogrametrycznych. Przedstawiono tu rozwiązania zaimplementowane w systemie GeoSET. Opisany schemat znalazł praktyczne zastosowanie podczas zrealizowanego przez Katedrę Geodezji i Fotogrametrii SGGW opracowania mapy topograficznej w ramach realizacji Planu Ochrony Biebrzańskiego Parku Narodowego.

### 1. Wstęp

System GeoSET jest krajowym pakietem oprogramowania przeznaczonym do opracowania mapy numerycznej, przy wykorzystaniu różnorodnych technologii pozyskiwania informacji geometrycznej.

Będąc następcą stosowanego powszechnie w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych w krajowych przedsiębiorstwach systemu DIGIMAP [Saczuk 1990] wspierającego proces pomiarów autogrametrycznych, cechuje się on szczególną poręcznością w opracowaniach fotogrametrycznych [Saczuk 1996a, 1997b].

Wobec powszechnego dostępu do komercyjnych narzędzi tworzenia mapy i zarządzania informacją przestrzenną, zmniejszeniu ulega rola krajowych narzędzi. System GeoSET znajduje dziś zastosowanie głównie w dydaktyce [Saczuk 1996b, 1996c]. Jednakże różnorodność zaimplementowanych w systemie funkcji i nowoczesnych rozwiązań pozwala na szukanie możliwości profesjonalnych zastosowań systemu w różnorodnych dziedzinach, dla których geodezja, kartografia i fotogrametria stanowią funkcję usługową. Na jego korzyść działają w tym przypadku względy ekonomiczne, wynikające z niskiej ceny narzędzia oraz minimalnych kosztów produkcji kartograficznej, przy jednoczesnym zapewnieniu zadawalającej jakości produktu.

Do zaimplementowanych w systemie rozwiązań, stanowiących o jego atrakcyjności i przydatności w zastosowaniach dotyczących archeologii, ochrony krajobrazu zabytkowego, inwentaryzacji roślinności parkowej [Saczuk 1997a] i ochrony przyrody, oprócz nowoczesnego graficznego interfejsu użytkownika, ekonomiczności w realizacji opracowań kartograficznych, możliwości wiązania mapy numerycznej z informacją zawartą w tablicach relacyjnej bazy danych, należy również możliwość łącznej prezentacji danych wektorowych i rastrowych.

Cecha ta dotyczy zarówno dynamicznej prezentacji mapy na ekranie komputera jak i generowania wydruków na ploterze. Na tym zagadnieniu pragnę skoncentrować się w dalszej części artykułu.

## 2. Zasady dopasowania treści wektorowej i rastrowej

Problem łącznej prezentacji obu typów danych wymaga ich wzajemnego dopasowania. Można to czynić na różne sposoby. Np. w systemie MapInfo zastosowanie znalazło rozwiązanie polegające na dopasowywaniu treści wektorowej do podkładu rastrowego, polegające na bieżącym przekształcaniu w trakcie rysowania obiektów wektorowych ich współrzędnych zgodnie z obliczonymi w procesie pasowania współczynnikami transformacji. Z uwagi na fakt, że jakiegokolwiek przekształcenie obrazu rastrowego, wymagające zmiany położenia wszystkich pikseli jest czynnością pracochłonną, rosnącą z kwadratem wzrostu rozdzielczości rastra, powyższe rozwiązanie wymagające niewielkiej ilości operacji obliczeniowych posiada zalety w przypadku dynamicznej prezentacji na ekranie komputera.

Jednak, gdy mamy na względzie możliwość drukowania map cechujących się kartometrycznością lub opracowania mapy numerycznej metodą digitalizacji rastra, konieczne jest dopasowanie obrazu rastrowego do układu współrzędnych mapy. A tej zasadzie, wymagającej dokonania przekształcenia obrazów rastrowych i nadania pikselom rastra współrzędnych geodezyjnych, oparto rozwiązanie zastosowane w systemie GeoSET.

## 3. Zasada wyświetlania obrazu rastrowego w systemie GeoSET

W systemie GeoSET dane rastrowe mogą być wykorzystywane na różne sposoby. Istnieje np. możliwość umieszczania na mapie obrazów rastrowych, będących obiektami mapy. Fotografie rastrowe stanowią atrybut obiektów typu „punkty widokowe”. Obrazy rastrowe mogą również stanowić zawartość pól przywiązywanych do obiektów mapy rekordów relacyjnej bazy danych.

Jednakże dla potrzeb łącznej prezentacji obrazów rastrowych i danych wektorowych, z myślą o realizacji opracowania mapy numerycznej na bazie skanowanych map analogowych, jak i możliwości kreślenia mapy wektorowej na tle fotogrametrycznych obrazów cyfrowych, system GeoSET został wyposażony w specjalny mechanizm.

Obraz rastrowy w tym przypadku nie wchodzi w skład opracowanej mapy numerycznej, lecz stanowi podkład do jej opracowania lub dla łącznej prezentacji grafiki obu typów.

Istotą zastosowanych rozwiązań jest takie przekształcanie obrazów rastrowych, aby w trakcie wyświetlania ich w oknach graficznych lub kreślenia na ploterze rastrowym, niezależnie od skali prezentacji, wszystkim punktom obrazu rastrowego przyporządkowane były właściwe współrzędne określone w geodezyjnym układzie współrzędnych prostokątnych, aby obraz wyświetlany był we właściwym położeniu w stosunku do innych obiektów mapy. W tym celu zastosowano niezwykle proste lecz skuteczne rozwiązanie, wykorzystujące gotowe funkcje dostępne w środowisku systemu operacyjnego Windows.

Podkład rastrowy komponowany jest jako mozaika dowolnej liczby przylegających do siebie prostokątnych obrazów, których narożnikom przypisane są współrzędne metryczne w układzie geodezyjnym.

Taka zasada pozwala na możliwe dokładne, eliminujące lokalne zniekształcenia arkusza oraz niedokładności skanowania, wpasowanie w układ geodezyjny obrazu rastrowego stanowiącego wynik skanowania mapy analogowej, gdzie poszczególne obrazy składowe odpowiadają fragmentom arkusza zawierającym się w oczkach siatki kwadratów osnowy matematycznej mapy. Zastosowanie tej metody nie stanowi również przeszkody w przypadku realizacji wpasowania obrazu w oparciu o dowolnie rozłożone punkty pasowania, co ma miejsce np. przy wykorzystaniu obrazów fotogrametrycznych.

Podział obrazu rastrowego na mniejsze części składowe posiada dodatkową zaletę, prowadzącą do złagodzenia wymagań sprzętowych w zakresie wymaganej pojemności pamięci operacyjnej komputera. Wynika to z faktu, że GeoSET nie przechowuje definicji obrazu rastrowego w pamięci operacyjnej, a jedynie podczytuje potrzebne dane z pliku w momencie przerysowania okna graficznego, dokonując rezerwacji obszaru pamięci odpowiadającej objętości przetwarzanego aktualnie obrazu rastrowego i zwalniając ją natychmiast po wyświetleniu obrazu. Fakt podczytywania jedynie potrzebnych w danym momencie fragmentów podkładu rastrowego, przy kreśleniu w oknie graficznym widocznego w nim przy ustalonym powiększeniu fragmentu mapy, przyspiesza operacje wyświetlania danych. Pozwala to na stosowanie obrazów o dużej objętości (wysoka rozdzielczość, pełna liczba barw), nawet na komputerach o niewielkiej mocy obliczeniowej i wyposażonych w niewielką pamięć operacyjną.

#### **4. Kalibracja rastra**

Problem kalibracji rastra czyli przygotowania danych rastrowych w sposób umożliwiających ich wyświetlanie w systemie GeoSET zgodnie z przedstawionymi powyżej zasadami, wiąże się z koniecznością dokonania ich przetworzenia według ściśle określonego algorytmu. Należy dokonać pocięcia obrazu (lub obrazów) źródłowego na czworoboki, dokonać ich transformacji na prostokąty o bokach równoległych do osi układu geodezyjnego oraz nadać narożnikom powstałych prostokątów wartości odpowiadające ich współrzędnym w układzie geodezyjnym.

Wykorzystywane przez GeoSET format danych rastrowych BMP nie umożliwia przechowywania informacji o współrzędnych geodezyjnych punktów obrazu. Ten problem rozwiązuje się w systemie przygotowując dodatkowy plik znakowy, zawierający informacje o sposobie komponowania podkładu rastrowego.

W pliku zawarte są nazwy plików BMP zawierających definicję prostokątnych fragmentów podkładu rastrowego wraz z opisem usytuowania danego prostokąta w układzie osi geodezyjnego układu współrzędnych ortogonalnych (współrzędne lewego dolnego narożnika plus szerokość i wysokość prostokąta).

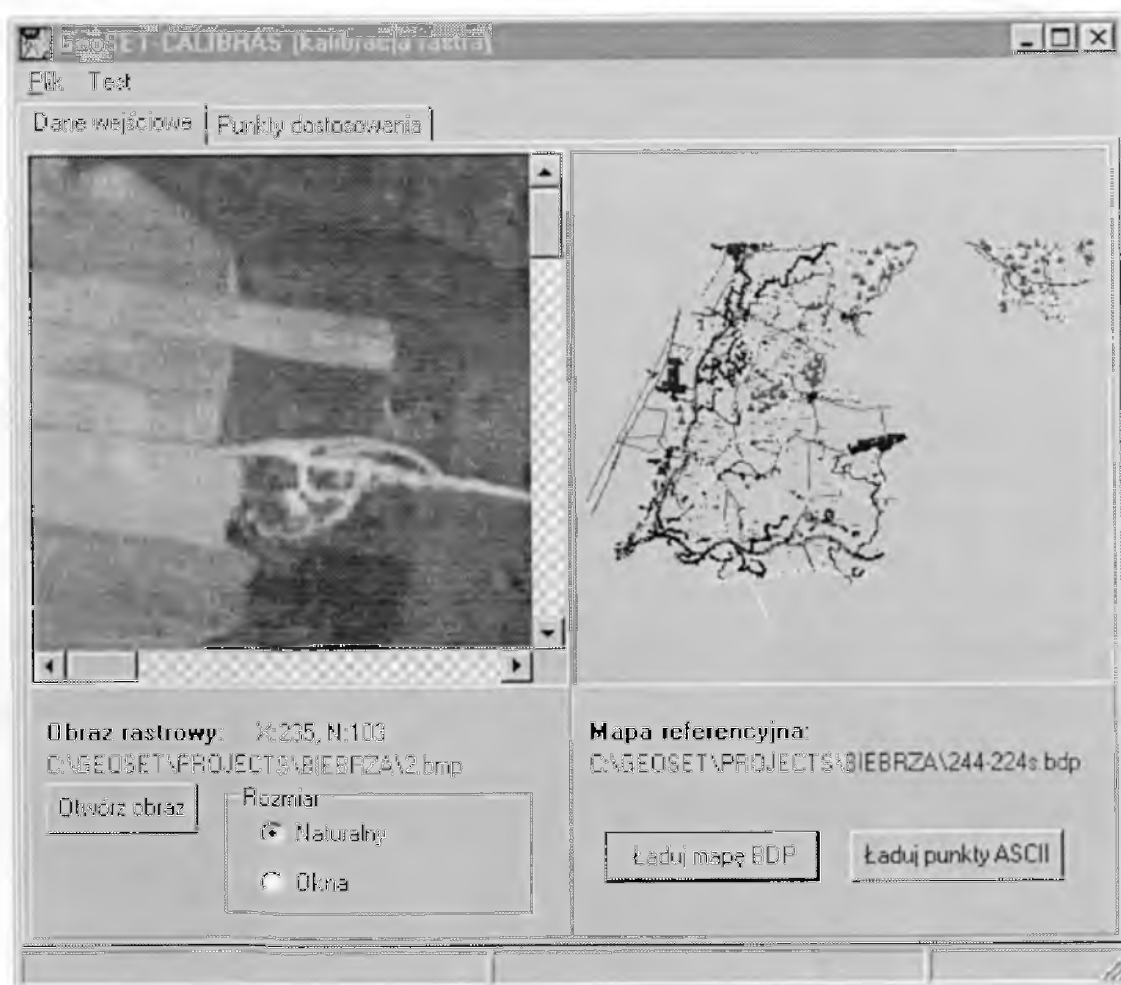
## 5. Program CALIBRAS

Narzędziem przeznaczonym do przygotowania danych rastrowych do prezentacji ich w systemie GeoSET, maksymalnie upraszczającym to dość złożone zadanie, umożliwiającym zastosowanie wybranej metody transformacji obrazu do układu geodezyjnego, jest specjalny program noszący nazwę CALIBRAS.

Przy jego pomocy procedurę kalibracji rastra realizuje się według następującego schematu.

### Zdefiniowanie danych wejściowych

Pierwszy krok polega na wczytaniu przetwarzanego obrazu. Program CALIBRAS daje możliwość wskazywania punktów łącznych do transformacji obrazu na mapie numerycznej opracowanej w systemie GeoSET, co pozwala uniknąć ręcznego wprowadzania współrzędnych terenowych punktów łącznych. Może to być mapa sytuacyjna danego terenu albo przygotowany rysunek punktów siatki współrzędnych, w przypadku pasowania obrazu będącego wynikiem skanowania arkusza mapy. Taki plik mapy, jeśli istnieje, należy również załadować do programu. Czynności definiowania danych wejściowych wykonuje się korzystając ze strony Dane wejściowe aplikacji.



Rys. 1. Dane wejściowe do kalibracji rastra

## Wstępne wpasowanie obrazu

Przed przejściem do dalszych kroków program wymaga wstępnego wpasowania obrazu. W tym celu należy przełączyć aplikację na stronę Punkty dostosowania. Wystarczy na tym etapie wykorzystać transformację Helmerta, wskazując co najmniej dwa punkty łączne. Z punktów tych wyliczany jest sugerowany zakres przetwarzania, dlatego należy zadbać by wybrać w tym etapie punkty łączne znajdujące się w miarę możliwości w narożnikach obszaru, dla którego będzie generowana mozaika obrazów składowych. Czynność wstępnego pasowania niezbędna jest dla określenia wymiarów prostokątów, na jakie podzielony zostanie dany obraz. Powiązanie obrazu z mapą pozwala również na synchronizację, co ułatwia wyszukiwanie punktów łącznych.

Rys. 2. Określanie wymiarów siatki

## Określenie wymiarów prostokątów mozaiki

Czynności definiowania prostokątów, na które ma zostać pocięty kalibrowany obraz rastrowy, wykonuje się po przejściu na stronę Parametry siatki. Parametry siatki prostokątów stanowiących mozaikę można, w zależności od potrzeb, dobrać na różne sposoby.

Przy pasowaniu obrazu otrzymanego w wyniku skanowania arkusza mapy współrzędne początkowe przetwarzanego obszaru ustala się na wartość współrzędnych geodezyjnych lewego-dolnego narożnika arkusza mapy, a boki siatki na wartość odpowiadającą wielkości lub wielokrotności oczka siatki kwadratów na arkuszu mapy w danej skali. Ustalenie właściwych parametrów siatki jest w tym przypadku o tyle istotne, że program umożliwia automatyczne pozycjonowanie kursora na punktach odpowiadających węzłom siatki, pokrywających się w tym wypadku z położeniem krzyży siatki współrzędnych na mapie. Ułatwia to w istotny sposób przeprowadzenie definiowania punktów łącznych. Dodatkowym powodem ustalenia parametrów siatki o węzłach pokrywających się z krzyżami siatki kwadratów jest odmienny w stosunku do innych punktów sposób traktowania na etapie realizacji transformacji obrazu.

W przypadku realizacji przetwarzania zdjęcia fotogrametrycznego w doborze parametrów siatki zastosowania będą miały inne czynniki, jak np. sposób powiązania sąsiednich zdjęć, ukształtowanie terenu, rozkład punktów pasowania itp.

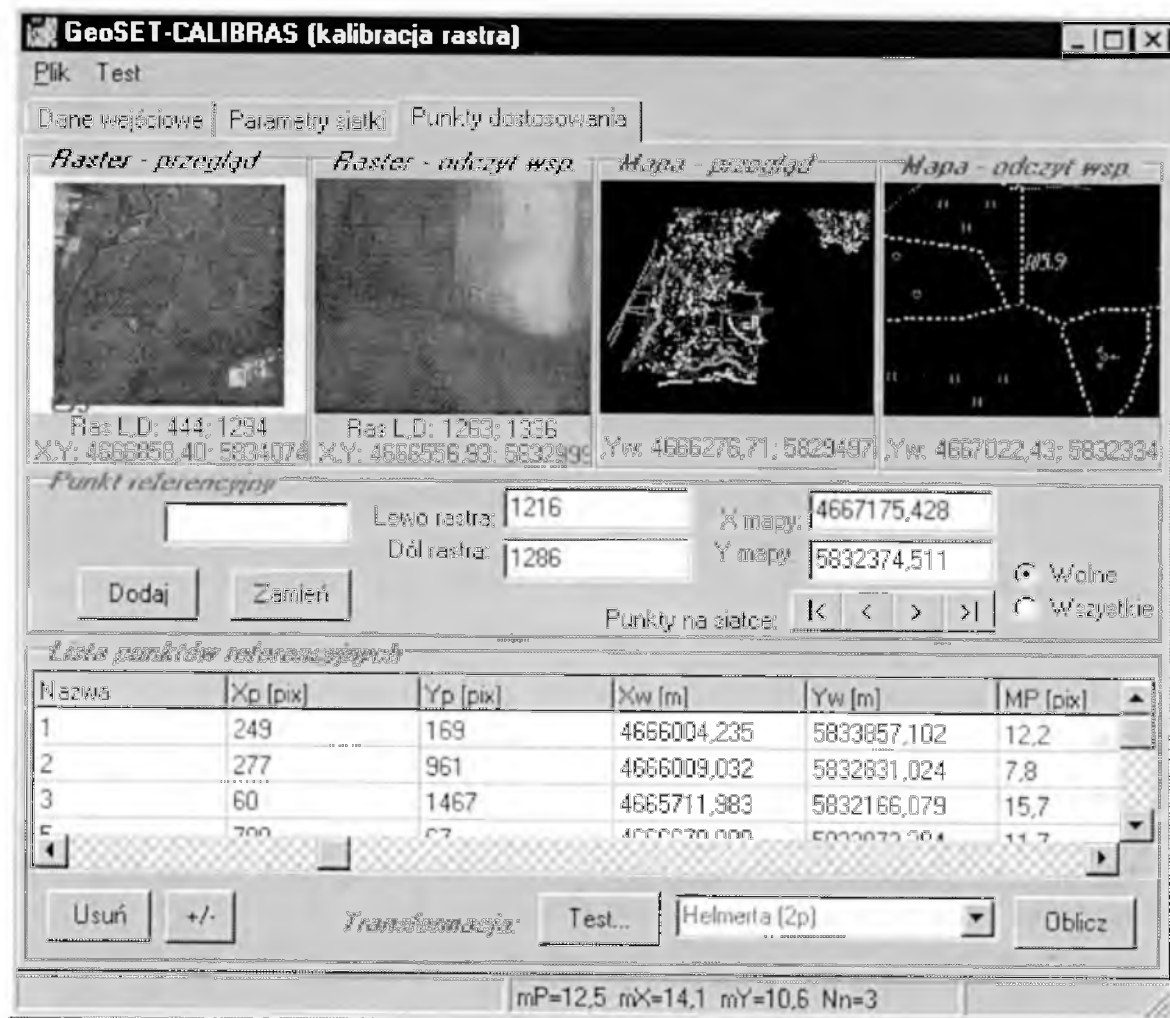
### **Wyznaczenie parametrów transformacji**

Wyznaczenie parametrów transformacji realizuje się po przełączeniu aplikacji na stronę Punkty dostosowania. Wykonać tu należy kilka czynności:

1. Definiowanie punktów łącznych do transformacji polega na podaniu ich współrzędnych w pikselach, w układzie zdjęcia rastrowego oraz w układzie terenowym. Współrzędne najwygodniej jest otrzymać przez wskazanie myszą punktów w oknach obrazu i mapy. Minimalna ilość punktów łącznych zależy od przewidzianej do zastosowania metody transformacji: 2 dla transformacji Helmerta, 3 dla transformacji afinicznej, 4 dla transformacji rzutowej lub wielomianowej pierwszego stopnia, 6 dla transformacji wielomianowej drugiego stopnia, 10 dla transformacji wielomianowej trzeciego stopnia.
2. W przypadku dopasowania obrazu mapy w oparciu o siatkę kwadratów do naprowadzania kursora na kolejne punkty węzłowe można użyć zespołu przycisków Punkty na siatce.
3. Wybór typu transformacji dokonuje się dokonując selekcji na liście rozwijalnej.
4. Wyliczenia parametrów transformacji dokonuje się używając przycisku Oblicz. Do podobnego rezultatu prowadzi może użycie przycisku Test, które dodatkowo umożliwia porównanie średnich błędów wszystkich możliwych do wykonania przy zadanej liczbie punktów łącznych transformacji. Poprawność transformacji i doboru punktów łącznych ocenić można analizując wartości błędów średnich transformacji oraz residuów na punktach łącznych.

### **Przetworzenie obrazu rastrowego**

Zastosowany algorytm przetworzenia obrazu rastrowego na mozaikę prostokątów o zadeklarowanych w opisany powyżej sposób prostokątów charakteryzuje się swoistą specyfiką. Wyróżnić w nim można kilka etapów:



Rys. 3. Wyznaczenie parametrów transformacji

1. W oparciu o wyliczone parametry transformacji, obliczane jest położenie na obrazie rastrowym węzłów siatki. W przypadku, gdy jako punkt pasowania wskazany był węzeł siatki, przyjmowane jest położenie punkty wynikające ze wskazania na obrazie. Obliczane położenia węzłów na obrazie rastrowym tworzą zbiór czworokątów odbiegających na ogół kształtem od prostokąta.
2. Czworokąty wyznaczone w poprzednim kroku przekształcane są na prostokąty, których definicja zapisywana jest w osobnych plikach. Do przetworzenia wykorzystywana jest transformacja rzutowa, przekształcająca dokładnie dowolny czworokąt wypukły da założony prostokąt. Program dodatkowo tworzy plik znakowy, opisujący usytuowanie każdego zapisanego w kolejnym pliku w układzie osi geodezyjnego układu współrzędnych ortogonalnych.

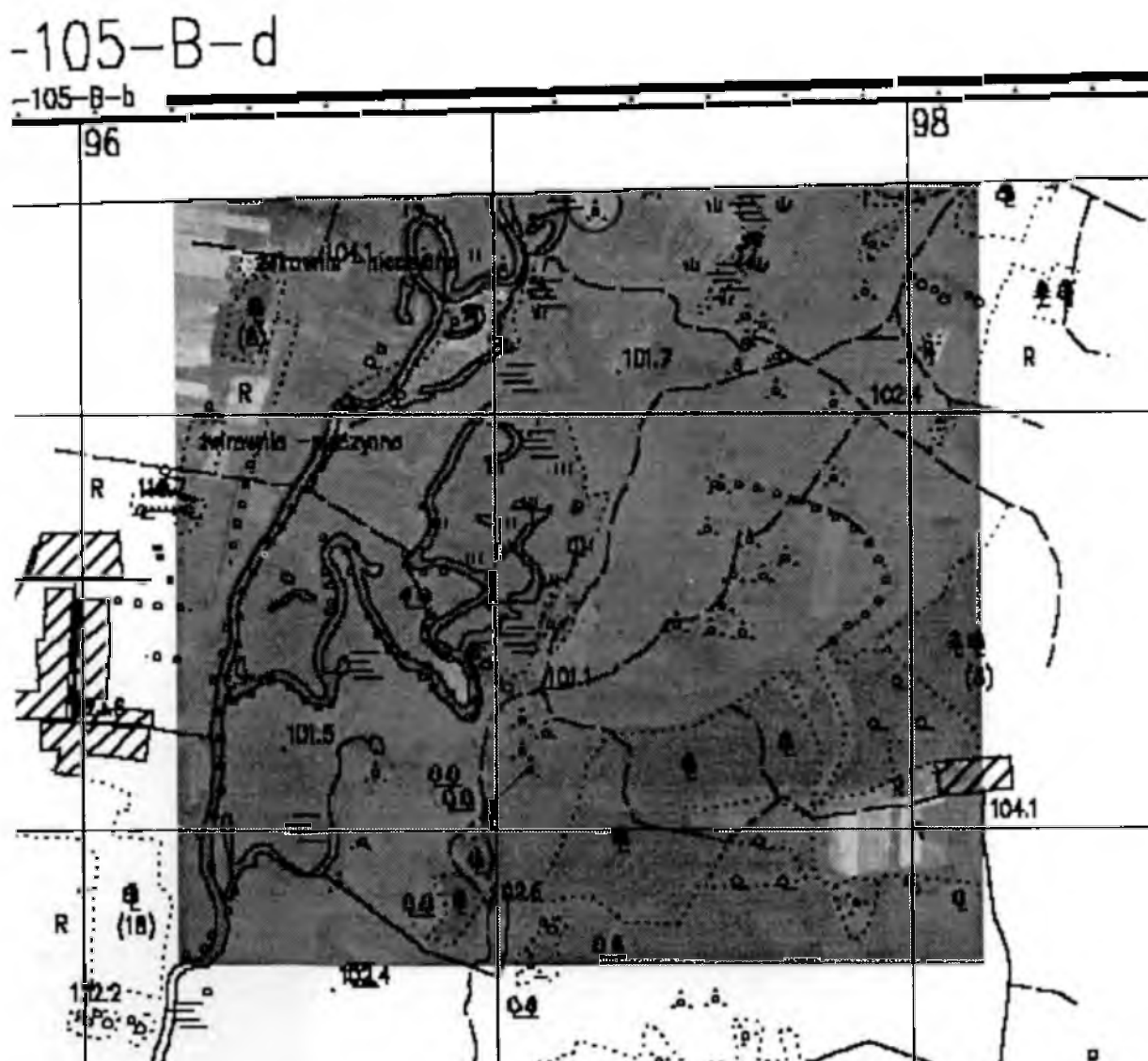
Efektom pracy programu jest zestaw danych definiujących skalibrowany obraz rastrowy do bezpośredniego wykorzystania w systemie GeoSET.



## 6. Praktyczne wykorzystanie

Możliwości systemu GeoSET w zakresie prezentacji mapy wektorowej na tle zdjęcia lotniczego zostały wypróbowane przy okazji wykonywanego przez Katedrę Geodezji i Fotogrametrii SGGW, pod kierownictwem autora referatu, „Operatu Geodezyjno-Kartograficznego” w ramach Planu Ochrony Biebrzańskiego Parku Narodowego [Saczuk 1998a, 1998b].

Głównym zadaniem do wykonania było opracowanie obejmującej obszar ponad 600 km<sup>2</sup> mapy topograficznej Parku. Duża powierzchnia i trudno dostępny teren zdecydowały o zastosowaniu fotogrametrii. Mapa została opracowana na autografach analogowych, w systemie GeoSET.



Rys. 4. Fragment wykreślonej mapy wektorowej z umieszczonym zdjęciem.

Dysponując gotowym opracowaniem numerycznym i kompletem barwnych zdjęć fotogrametrycznych, w celach informacyjnych dla innych zespołów działających w pracach nad stworzeniem Planu Ochrony BPN, dokonaliśmy prezentacji możliwości dynamicznej pracy na mapie komputerowej oraz przygotowaliśmy próbki wydruków



przedstawiających mapę wektorową na tle zdjęć lotniczych. Staraliśmy się zasugerować, że tego typu rozwiązanie może okazać się przydatnym w pracach wielu zespołów, ułatwiając np. lokalizację w terenie obszarów stanowiących klucz interpretacyjny dla zjawisk przyrodniczych identyfikowanych w oparciu o zdjęcia lotnicze.

W przygotowaniu danych rastrowych wykorzystano przedstawione w referacie rozwiązania dostępne w systemie GeoSET. Nie wykonując wykraczającego poza zakres zlecenia opracowania ortofotomapy, do wpasowania obrazów rastrowych w treść mapy wektorowej stosowaliśmy proste metody transformacji płaskiej, jak transformacja rzutowa lub wielomianowa.

Na znacznej części obszaru opracowania, gdzie występują zupełnie płaskie tereny bagienne, ten sposób wpasowania obrazu zapewnia wystarczającą dokładność.

Wykonane opracowanie, zrealizowane przy wykorzystaniu niekosztownej technologii z wykorzystaniem autorskiego oprogramowania, prostych komputerów PC, plotera atramentowego, nie stanowiło rzeczywistej oferty. Chodziło tu raczej o zilustrowanie użyteczności współczesnej fotogrametrii cyfrowej dla potrzeb rozwiązywania profesjonalnych zadań przez branże związane z ochroną przyrody i kształtowaniem środowiska naturalnego.

Natomiast być może przyczyniło się ono do zlecenia przez Dyрекcję BPN wykonania ortofotomapy cyfrowej w ramach opracowania systemu informacji przestrzennej Parku.

## Literatura

1. Saczuk J., 1990, DIGIMAP - sterowany komputerowo fotogrametryczny system opracowania map.
2. Konferencja Naukowo - Techniczna klubu użytkowników ETO, Warszawa.
3. Saczuk J., 1996a, Desktop mapping and GIS system – DIGIMAP-GeoSET. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, volume XXXI, Part B2, Commission II, w ramach ISPRS XVIIIth Congress nt. Spatial Information from Images, Vienna.
4. Saczuk J., 1996b, GeoSET – software package for computer assisted teaching. The first ISPRS Software Contest for Computer Assisted Teaching – CATCON, Vienna.
5. Saczuk J., 1996c, GeoSET – desktop mapping and LIS management system for education. Proceedings of Joint Workshop FIG Commission 2 nt. Computer Assisted Learning and Achieving Quality in the Education of Surveyors, Espoo, Finland.
6. Saczuk J., 1997a, Aplikacje systemu GeoSET w zagadnieniach ochrony zabytkowego krajobrazu. Materiały VII Konferencji Naukowo-Technicznej Systemy Informacji Przestrzennej, Warszawa.
7. Saczuk J., 1997b, System GeoSET w zastosowaniach fotogrametrycznych. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji. Vol.7, Kraków.

8. Saczuk J., 1998a, Wykorzystanie systemu GeoSET przy opracowaniu operatu kartograficznego w ramach Planu Ochrony Biebrzańskiego Parku Narodowego. Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej: Systemy Informacji Przestrzennej, Warszawa
9. Saczuk J., 1998b, Application of photogrammetry, remote sensing and GIS technology and employment of GeoSET System in Biebrza National Park. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, volume XXXII, Part 7, Commission VII, w ramach sympozjum Resource and Environmental Monitoring, Budapest

Autor

mgr inż. Jerzy Saczuk

Katedra Geodezji i Fotogrametrii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

02-766 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

tel. (0-22) 843 90 41 /61/81 w. 1707

fax (0-22) 847 24 53

email: [saczuk@alpha.sggw.waw.pl](mailto:saczuk@alpha.sggw.waw.pl)

<http://www.sggw.waw.pl/~saczuk/>

GeoSOFT

01-684 Warszawa, ul. Kludyny 30 m. 23

tel. (0-22) 833 54 77

Recenzował dr hab. Romuald Kaczyński, prof. IGIK