

Land Information System

PL. 9206-02-04/II

KOMPLEKSOWE WYKORZYSTANIE INFORMACJI ZE ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Część II

Fotointerpretacja zdjęć lotniczych i pomiary na zdjęciach

Skrypt został przygotowany na zamówienie Głównego Geodety Kraju, w ramach projektu PHARE
PL. 9206-02-04/II, przez:

- ⇒ Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH w Krakowie;
- ⇒ Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjno-Kartograficznej w Sieradzu
wchodzące w skład Konsorcjum „AEROFOTO 97”.

SPIS TREŚCI:**Część II**

9. Elementy cyfrowej fotointerpretacji i fotogrametrii w praktyce	9-1
9.1 Wprowadzenie.....	9-1
9.2 Obraz cyfrowy - wybrane właściwości.....	9-1
9.3 Formaty zapisu obrazów cyfrowych.....	9-2
9.4 Przekształcenia obrazów cyfrowych.....	9-3
9.5 Przekształcenia geometryczne.....	9-4
9.6 Histogram obrazu.....	9-5
9.7 Komputerowe wspomaganie interpretacji obrazów lotniczych i satelitarnych.....	9-8
9.7.1 Usuwanie zakłóceń.....	9-8
9.7.2 Wzmacnianie odzyorowania.....	9-8
9.7.3 Ekstrakcja informacji tematycznej.....	9-9
9.7.4 Interpretacja wyników.....	9-11
9.8 Skanowanie rysunków, map i zdjęć.....	9-12
9.8.1 Rodzaje skanerów.....	9-12
9.8.2 Rozdzielczość skanowania, wielkości plików.....	9-13
9.9 Ćwiczenia.....	9-14
9.10 Warsztaty.....	9-17
10. Fotointerpretacja zdjęć lotniczych i wniesienie wyników na mapę	10-1
10.1 Zastosowanie fotointerpretacji zdjęć lotniczych.....	10-1
10.2 Wykorzystanie fotointerpretacji dla potrzeb kompilacji mapy pokrycia / użytkowania terenu.....	10-2
10.3 Mapa użytkowania i Systemy Informacji o Terenie.....	10-4
10.3.1 Objaśnienia do klasyfikacji.....	10-6
10.3.2 Klasyfikacja nadzorowana obrazu cyfrowego.....	10-9
10.4 Ćwiczenie - Interpretacja zdjęć lotniczych dla potrzeb kompilacji mapy użytkowania terenu.....	10-9
10.5 Opis podstawowych procedur IDRISI.....	10-11
10.6 Procedura klasyfikacji nadzorowanej.....	10-13
10.6.1 Wyświetlenie obrazu do klasyfikacji.....	10-13
10.6.2 Wybór pól treningowych.....	10-13
10.6.3 Zestawienie i analiza wzorców klas.....	10-15
10.6.4 Klasyfikacja obrazu.....	10-16
10.6.5 Analiza wyniku klasyfikacji.....	10-17
10.7 Bibliografia.....	10-18
11. Weryfikacja terenowa rozpoznania kameralnego zdjęć oraz pomiar uzupełniający za pomocą techniki GPS.....	11-1
11.1 Mapa jako obraz terenu.....	11-1
11.1.1 Historia.....	11-1
11.1.2 Definicja mapy.....	11-1
11.1.3 Podział map.....	11-2
11.1.4 Układy współrzędnych.....	11-2
11.1.4.1 Określenie geoidy i elipsoidy obrotowej.....	11-2
11.1.4.2 Układ współrzędnych geodezyjnych B, L.....	11-3
11.1.4.3 Układ współrzędnych prostokątnych płaskich X, Y.....	11-4
11.1.5 Odwzorowania.....	11-5
11.1.6 Dokładność mapy.....	11-6
11.2 Pomiar uzupełniający.....	11-7
11.2.1 Ogólna zasada działania GPS.....	11-8
11.2.2 Szczegółowy opis działania systemu.....	11-10
11.2.2.1 Sygnały emitowane przez satelity.....	11-10
11.2.3 Układ współrzędnych GPS.....	11-13
11.3 Zagadnienie osnowy dla opracowania zdjęć fotogrametrycznych.....	11-13

11.4 Przebieg zajęć.....	11-15
11.5 Bibliografia	11-19
11.6 Załącznik 1.....	11-20
12. Przeglądanie, interpretacja i pomiar cyfrowych zdjęć lotniczych i ortofotomap z wykorzystaniem fotogrametrycznej stacji cyfrowej VSD.....	12-1
12.1 Wstęp	12-1
12.2 Obraz cyfrowy zdjęcia lotniczego oraz ortofotomapa cyfrowa jako materiał źródłowy dla fotogrametrycznej stacji cyfrowej.....	12-1
12.3 Ogólna charakterystyka funkcji realizowanych przez fotogrametryczne stacje cyfrowe przy opracowaniu pojedynczych obrazów.....	12-2
12.4 Dostosowanie układów i pomiar na obrazie cyfrowym	12-3
12.5 Krótka charakterystyka cyfrowej stacji fotogrametrycznej VSD (opcja mono)	12-4
12.6 Ćwiczenie I	12-5
12.7 Ćwiczenie II	12-7
12.8 Aneks.....	12-8
13. Wprowadzenie do zajęć na temat „Wykorzystanie zdjęć lotniczych w różnych dziedzinach gospodarki narodowej”	13-1
13.1 Użytkowanie i pokrycie terenu.....	13-1
13.1.1 Definicja i metody.....	13-1
13.1.2 Schematy klasyfikacji.....	13-1
13.1.3 Przykład schematu klasyfikacyjnego USA	13-2
13.1.4 Ćwiczenie	13-3
13.1.5 Warsztaty problemowe	13-3
13.1.6 Ćwiczenie	13-3
13.1.7 Warsztaty problemowe	13-3
13.2 Demografia i archeologia.....	13-3
13.2.1 Dziedziny zastosowań	13-4
13.2.2 Rozkład zaludnienia.....	13-4
13.2.3 Studia nad historią osadnictwa	13-4
13.2.4 Fotografia wielospektralna w archeologii	13-6
13.2.5 Oszacowanie populacji według liczby mieszkań	13-6
13.2.6 Ćwiczenie	13-7
13.2.7 Oszacowanie populacji według powierzchni i kategorii gęstości zaludnienia	13-7
13.2.8 Ćwiczenie	13-8
13.2.9 Warsztaty problemowe	13-8
13.3 Przegląd zastosowań zdjęć lotniczych w Szwecji.....	13-8
13.3.1 Planowanie	13-8
13.3.2 Studia urbanistyczne i historyczne użytkowania terenu.....	13-9
13.3.3 Mapy wegetacyjne.....	13-10
13.3.4 Szacowanie lasów	13-10
13.3.5 Mapy geologiczne i glebowe.....	13-11
13.3.6 Fotogrametryczne wykonywanie map wielko-skalowych.....	13-11
13.3.7 Mapy średnio i drobno-skalowe.....	13-12
13.3.8 Zdjęcia nachylone	13-12
13.3.9 Termografia lotnicza	13-12
13.4 Literatura	13-13
14. Komputerowy system ewidencji zdjęć lotniczych	14-1
14.1 Główne zadania komputerowego systemu ewidencji zdjęć lotniczych.....	14-1
14.2 Baza danych systemu SEZEL	14-1
14.3 Metody wyszukiwania danych.....	14-2
14.4 Zakres informacji związanych z zespołami zdjęć	14-5
14.5 Funkcje pomocnicze dostępne w systemie	14-5
14.6 Możliwości korzystania z komputerowego systemu ewidencji zdjęć lotniczych.....	14-5
15. Udostępnianie zdjęć lotniczych z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego	15-1

9. ELEMENTY CYFROWEJ FOTOINTERPRETACJI I FOTOGRAMETRII W PRAKTYCE¹

Krystian Pyka, Stanisław Mularz

9.1 WPROWADZENIE

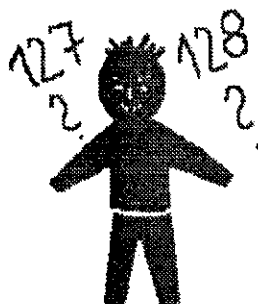
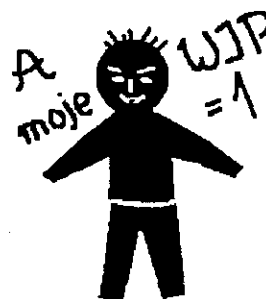
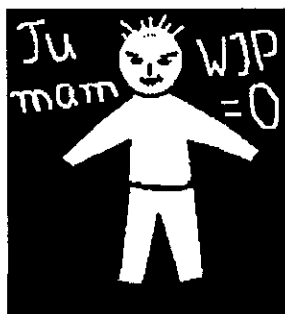
W żargonie komputerowym obrazy cyfrowe określane są jako bitmapy. Nie jest to określenie ani szczęśliwe, ani piękne, ale przytaczamy je aby udowodnić, że będziemy w tym rozdziale mówić o czymś bez czego nie istniał by ani system operacyjny WINDOWS, ani telewizja cyfrowa, o fotogrametrii i fotointerpretacji nie wspominając (na razie).

Wstępne informacje nt. obrazów cyfrowych zostały podane w temacie: „Obrazy cyfrowe i produkty ich przetwarzania” (rozdział 3). Obok definicji obrazu cyfrowego omówiono tam metody ich pozyskiwania. Niniejszy rozdział jest pierwszą próbą przybliżenia praktycznych działań na obrazach cyfrowych. W części praktycznej realizowany będzie za pomocą programów Photoshop firmy Adobe oraz Idrisi z uniwersytetu Clark (USA). Pierwszy z nich nie jest co prawda programem specjalizowanym dla potrzeb fotointerpretacji czy fotogrametrii, ale ze względu na swoją uniwersalność jest wykorzystywany powszechnie, zwłaszcza do końcowej edycji przed drukowaniem. Drugi program, Idrisi, jest przykładem narzędzia przeznaczonego do rozwiązywania zadań związanych z GIS, posiada niepodważalne walory dydaktyczne.

9.2 OBRAZ CYFROWY - WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI

Obrazy cyfrowe można traktować jako dwuwymiarową tablicę pikseli. Każdemu pikselowi przyporządkowana jest liczba wyrażająca (kwantująca) informację jaką niesie obraz (w rozdziale 3 zaproponowano dla tej liczby skrót WJP = wartość jasności piksela).

Zacznijmy od obrazów binarnych czyli takich, które składają się z dwóch „kolorów”, białego i czarnego. Dla takich obrazów WJP przybiera wartość 0 albo 1, gdzie 0 oznacza zwykle ..., i tu pojawia się problem, bo różne grupy użytkowników mają różne zwyczaje. Fani rastrów binarnych traktują zwykle kolor czarny jako niosący informację, czyli WJP=1, biały natomiast, w ich mniemaniu jest tylko tłem, czyli zerem ...



Inaczej rozumie grupa pracująca z rastrami półtonalnymi, w których pomiędzy czernią i bielą jest jeszcze sporo miejsca do wypełnienia.

¹ fragmenty wydrukowane mniejszą czcionką mogą być pominięte przy pierwszym czytaniu

W tej grupie umówiono się, aby większą jasność promować większą wartością WJP, zarezerwowano na taki zapis przedział 0-255 (256 poziomów).

Okazuje się, że są jeszcze inaczej myślący. Nie zadawała ich ani kodowanie na dwóch poziomach, ani na 256. Chcieliby zapisać np. ciśnienie w różnych miejscach świata czy wysokość nad poziomem morza w postaci analogicznej do obrazu cyfrowego. Ich problem polega na tym, że potrzebują zapisać w obrazie duże liczby, nawet z częścią ułamkową. I to jest możliwe, trzeba tylko przydzielić każdemu pikselowi więcej bitów, np. 10 (co zwiększy zakres do 1 024 gdyż 2 do potęgi 10 jest właśnie tyle), 32, 64, itd. Jednakże dla takich potrzeb wymyślono dotąd niewiele narzędzi komputerowych.

Obrazy kolorowe można podzielić na „prawdziwe” i „uproszczone”. Jeśli skonstruowane są z trzech warstw RGB (rozdział 3) to wtedy potencjalnie zawierają ponad 16 mln. kolorów. Istnieje możliwość wybrania z obrazu najważniejszych 256 kolorów i dopisania tablicy przeliczającej kolejne wartości 0-255 na kolory RGB. Takie postępowanie nazywa się indeksowaniem obrazu. Nie jest to zadanie łatwe, podstawowym problem jest optymalny wybór 256 kolorów „reprezentatywnych dla obrazu”, spośród ponad 16 mln. Czasami stosuje się rozwiązania uproszczone, których ideę oddaje poniższa zależność:

$$\text{indeks} = 36 \times (R/36) + 6 \times (G/36) + B/36$$

np. dla $R=10$, $G=100$, $B=200$ mamy: $36 \times (10/36) + 6 \times (100/36) + 200/36 = 62$

Zdjęcia lotnicze zawierają relatywnie dużą liczbę kolorów i do tego o dużej głębi. Dlatego po indeksacji zdjęcie jest zubożone kolorystycznie („spłaszczone”). Ale obrazy typu „mapa kolorowa” po indeksacji nic nie tracą, gdyż z reguły nie zawierają więcej niż 256 kolorów. Obrazy RGB określane są jako True Color (lub jako 24 bitowe) a indeksowane jako Pseudo Color (8 bitowe, kolorowe).

Obok modelu kolorów RGB, według którego odbywa się wyświetlanie obrazu na monitorach komputerowych, stosowanych jest wiele innych. Technologie druku wielonakładowego wymagają zapisu obrazu w czterech warstwach, zgodnie z modelem barw CMYK. Zawiera on inny zestaw kolorów podstawowych (cyan, magenta, yellow) oraz dodatkowo kolor czarny.

9.3 FORMATY ZAPISU OBRAZÓW CYFROWYCH

W początkowym okresie rozwoju narzędzi do „obróbki” obrazów cyfrowych (czyli programów komputerowych) powstawały coraz to nowe formaty zapisu tych obrazów. Po pewnym czasie pewne formaty (a może raczej firmy produkujące oprogramowanie) zdobyły pozycję dominującą i tempo tworzenia nowych formatów wyraźnie spadło. Tym niemniej sytuacja w zakresie formatów nie jest w pełni klarowna i nie zawsze obraz cyfrowy z programu X jest rozpoznawalny przez inny program Y.

Format obrazu jest to sposób zorganizowania (uporządkowania) wszystkich informacji które niesie obraz. Jeśli porównamy organizację zapisu obrazu do układu książki to odpowiednikiem spisu treści oraz wstępu jest w obrazie nagłówek (tzw. header). Zawiera on opis takich cech obrazu jak: rozmiar, informacje o kolorze (czarno-biały, kolorowy RGB, kolorowy indeksowany), sposób kompresji (upakowania) danych, itp. Potem rozpoczyna się „właściwy” obraz czyli zbiór jasności pikseli (WJP). A o tym w jakiej kolejności zapisane są piksele, jak dużo miejsca zarezerwowano na każdy piksel (np. 8 bitów, 12 bitów, 3×8 bitów, itd.), czy po każdej linii obrazu jest jakiś znacznik czy też nie, wiadomo oczywiście dzięki nagłówkowi.

Najpopularniejszym formatem jest niewątpliwie TIFF (*Tag Image File Format*). Pozwala na zapis prawie wszystkich typów obrazów, od czarno-białego (bitowego), poprzez czarno-białe półtonalne, wszystkie typy obrazów kolorowych, ponadto uwzględnia kilka opcji kompresji.

W ostatnim czasie najszybciej rozpowszechnia się format JPEG (*Joint Photographic Expert Group*), zwłaszcza w zastosowaniach związanych z przysyłaniem obrazów w sieci INTERNET. Wyróżnia się od pozostałych dużym stopniem kompresji ale jednocześnie i tym, że obraz zapisany jako JPEG traci nieco informacji w stosunku do swojego pierwowzoru (czyli nie jest wierną kopią, ale na tyle dobrą, że w wielu wypadkach dopiero „eksperti” dostrzegają różnice; na jakość wpływają współczynniki kompresji). Format ten jest dedykowany obrazom kolorowym RGB lub półtonalnym czarno-białym. Kompresja JPEG może być realizowana przez program komputerowy, ale ze względu na złożone operacje arytmetyczne przestaje być skuteczna (wystarczająco szybka) na etapie czytania dużych obrazów (przy czytaniu musi odbywać się dekompresja). Dlatego istnieje jeszcze wersja wspomagana procesorem JPEG, czyli specjalną kartą komputerową. Zapewnia to prawie niewidoczny dla użytkownika czas dekompresji realizowanej „w locie”.

Natomiast obrazy binarne najlepiej kompresuje (bez strat) format CIT (opracowany przez *Committee Consultative for International Telephone and Telegraphy*).

Warto wyróżnić jeszcze format GIF oraz rodzimy format systemu WINDOWS, czyli BMP. Właśnie skrót BMP pochodzący od ang. *Bitmap* spowodował pewne zamieszanie terminologiczne. Jeśli dotyczy on obrazu binarnego (0,1) to jest o.k. gdyż piksel ma albo wartość 0 albo 1. Ale gdybyśmy chcieli być konsekwentni to obrazy półtonalne powinny być określane jako „*Bytemap*” czyli „bajtmapa” (co brzmi paskudnie).

Na końcu tego krótkiego przeglądu trzeba wspomnieć jeszcze o tzw. formacie „surowym” (ang. *RAW*). Nie posiada on nagłówka lecz zawiera jedynie jasności pikseli, jeden po drugim. Ale format RAW nic nie jest warty, jeśli nie towarzyszy mu „ściąga” z informacją ile jest pikseli w jednej linii obrazu oraz ile jest linii (wierszy). W efekcie konieczne jest kojarzenie dwóch plików: „właściwego” obrazu oraz małego pliku z danymi uzupełniającymi. Taka organizacja stosowana jest m.in. przez program Idrisi.

Poniżej lista formatów czytanych przez program Photoshop. W nawiasie podane są tzw. rozszerzenia nazw dla plików obrazowych, np. *[*.tif]* oznacza, że nazwy obrazów powinny kończyć się kropką po której następuje identyfikator formatu, w tym wypadku „tif”.

Photoshop <i>[*.psd, *.pdd]</i>	Photoshop EPS <i>[*.eps]</i>	Generic EPS <i>[*.eps,....]</i>
BMP <i>[*.bmp, *.rle]</i>	CompuServe GIF <i>[*.gif]</i>	Filmstrip <i>[*.flm]</i>
JPEG <i>[*.jpg]</i>	Kodak Photo CD. <i>[*.pcd]</i>	PCX <i>[*.pcx]</i>
PDF <i>[*.pdf]</i>	PICT File <i>[*.pct, *.pic]</i>	Pixar <i>[*.pxr]</i>
PNG <i>[*.png]</i>	RAW <i>[*.raw]</i>	Scitex CT <i>[*.sct]</i>
Targa <i>[*.tga, *.vda, *.icb, *.vst]</i>	TIFF <i>[*.tif]</i>	

Ta bogata lista nie wyczerpuje wszystkich spotykanych przypadków. Szeroki jest zakres formatów skupionych wokół programów z grupy MGE Intergraph (*CIT, COT, RGB,...*), Erdas Imagine (*HFA*) czy związanych z komputerami SUN (*Sun Raster File*). Ale prawie zawsze wspólnym mianownikiem jest TIFF.

Reasumując problem formatów można zaryzykować stwierdzenie, że jeśli program komputerowy nie rozumie formatu TIFF to praktycznie można go zdyskwalifikować. Ponadto nowoczesne narzędzie obrazowe powinno biele porozumiewać się językami JPEG, BMP o archaicznym ale użytecznym RAW nie zapominając.

9.4 PRZEKSZTAŁCENIA OBRAZÓW CYFROWYCH

Problematyka przekształceń obrazów cyfrowych jest dziedziną młodą ale rozwijającą się dynamicznie. Dlatego wszelkie próby systematyzacji w tym zakresie nie mogą być takim uogólnieniem, które przyjmowane byłoby bez zastrzeżeń przez specjalistów z wszystkich dziedzin posiłkujących się obrazami cyfrowymi.

Po ograniczeniu rozważań do zakresu zdefiniowanego przez fotogrametrię i fotointerpretację można podzielić przekształcenia obrazów cyfrowych na kilka grup:

geometryczne - zmianie ulegają tylko pozycje pikseli, generowanie obrazu o nowej geometrii nazywane jest powtórным próbkiem (*resampling*).
Celem resamplingu jest „związanie” obrazu z układem współrzędnych, czyli nadanie obrazowi „georeferencji” (ang. *Georeferencing*).

radiometryczne

- punktowe - otoczenie piksela nie wpływa na wynik przekształcenia
- powierzchniowe - określone sąsiedztwo piksela kształtuje wynik (filtracje)

tematyczne

- operacje arytmetyczne (algebra obrazów, obejmuje funkcje typu dodawanie, mnożenie, dzielenie, itd.)
- operacje logiczne (jak iloczyn logiczny, suma logiczna, zaprzeczenie)
- morfologiczne - jest to połączenie filtracji z funkcją decyzyjną wpływającą na wynik operacji

W dalszej części rozdziału omówione będą wybrane przekształcenia. W pkt.9.6 szczegółowo przedstawiono działania na histogramie, które mają znaczenie fundamentalne. Zaliczają się one do grupy przekształceń radiometrycznych, punktowych. Z kolei w pkt. 9.7 podano charakterystykę metod wspierających proces interpretacji treści obrazów. Są one przykładami pierwszych dwóch grup przekształceń.

9.5 PRZEKSZTAŁCENIA GEOMETRYCZNE

W sensie geometrycznym obraz jest utworem płaskim. Można go poddawać tzw. płaskim transformacjom:

- a) transformacja Helmerta: zmiana skali, obrót - zapewnia stałość kątów
- b) transformacja afiniczna: różna zmiana skali X, Y, obrót - zachowuje równoległość prostych
- c) transformacja perspektywiczna (rzutowa): proste równoległe stają się pękiem prostych (przecinają się w jednym punkcie)

Przekształcenie perspektywiczne jest geometrycznym modelem rzutu środkowego, w jakim powstają zdjęcia lotnicze. Gdyby teren był płaszczyzną to można by ograniczyć problem przetwarzania zdjęć do obliczenia współczynników transformacji rzutowej - rozdział 8 „Proste metody odczytywania i pomiaru na zdjęciach lotniczych z wykorzystaniem stereoskopii oraz na ortofotomapie” - pkt. 8.7 „Metoda analityczna” - wzór 14, 15. W tym celu trzeba skompletować dane dla 4 punktów dostosowania, tj. współrzędne x, y na zdjęciu i współrzędne terenowe X, Y .

Gdy zdjęcie i płaszczyzna terenu są równoległe, to relację między nimi oddaje transformacja afiniczna (konieczne 3 punkty dostosowania). Natomiast gdyby zdjęcie było ściśle pionowe a teren byłby poziomą płaszczyzną to pomiędzy nimi zachodzi geometryczne podobieństwo co opisuje transformacja Helmerta (konieczne 2 punkty dostosowania).

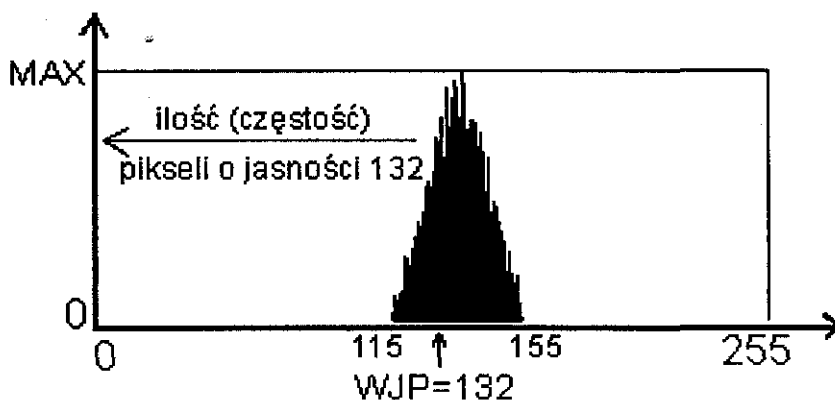
Niestety deniwelacje terenowe bardzo komplikują problem przetworzenia zdjęcia na mapę. Problem ten jest rozwiązywany skutecznie dopiero techniką ortorektyfikacji - rozdział 14 „Ortofotomapa jako kartometryczny produkt przetwarzania zdjęć lotniczych oraz jako element bazowy systemów geoinformacyjnych”, część III skryptu.

Jednakże dla wielu potrzeb można posłużyć uproszczonymi modelami, jak transformacja Helmerta, afiniczna czy rzutowa. Jest tak w przypadku obrazów satelitarnych, dla których zniekształcający wpływ rzeźby terenu jest prawie zaniedbywalny.

Jeśli określone są parametry (współczynniki) wybranej transformacji to przechodzimy do zadania zwanego *resamplingiem*, które polega na umieszczeniu pikseli obrazu pierwotnego w nowych „właściwych” miejscach. Tego typu zadanie jest przewidziane jako jedno z ćwiczeń praktycznych (patrz pkt. 10.9).

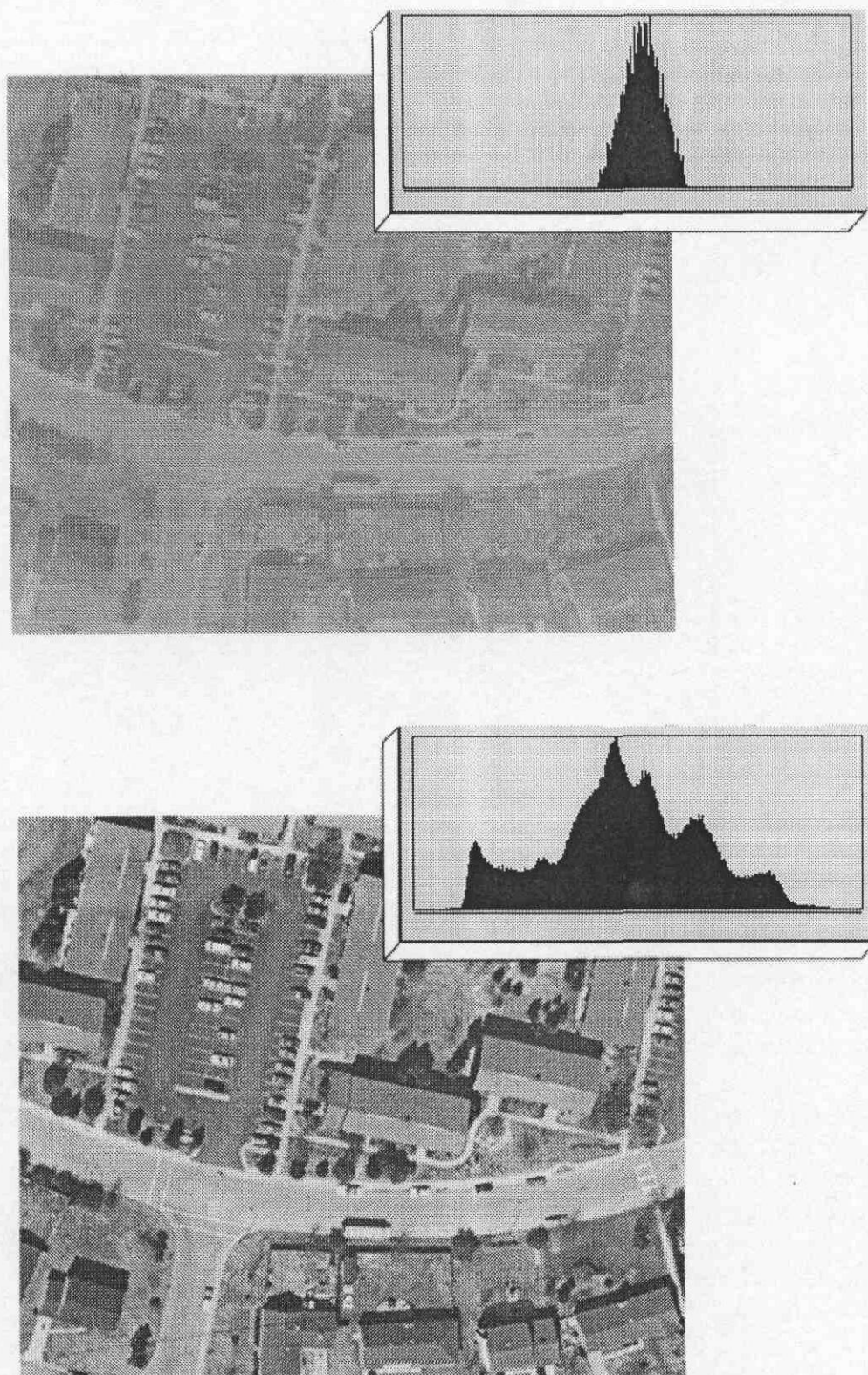
9.6 HISTOGRAM OBRAZU

Dla uproszczenia ograniczmy wstępne rozważania do obrazu czarno-białego (ale półtonalnego!) Każdy obraz to pewien skończony zbiór liczb, najczęściej mieszczących się w przedziale 0-255. Jeśli obraz został poprawnie zarejestrowany to powinien zawierać i miejsca jasne i ciemne, i oczywiście dużo tonów pośrednich (szarych). Załóżmy, że miejsce najjaśniejsze ma wartość 155, a najciemniejsze wartość 115. Można zapytać dlaczego jasnemu nie odpowiada liczba 255 a ciemnemu liczba 0? Otóż zakres 0-255 jest zakresem umownym i powinien mieścić w sobie wszystkie jasności. Korzystnie jest, jeśli jasności nie zaczynają się od liczby 0 i nie kończą na liczbie 255. Trzeba bowiem zostawić rezerwę na ewentualne działania korygujące ogólną jasność i kontrast obrazu.



Wróćmy do przykładu. Obok wartości skrajnych 115 i 155 występują w obrazie liczne wartości pośrednie, takie jak 120, 132, 139, itd. Ile pikseli ma jasność 120, ile 132, itd.? Gdybyśmy to policzyli to potrafilibyśmy narysować wykres, w którym na osi poziomej wpisane były kolejne liczby od 115 do 155, a na pionowej ilość wystąpień tych liczb w obrazie (czyli ile pikseli w całym obrazie ma jasność 115, ile 132, ile 139, itd.). Jest bardzo prawdopodobne, że wykres mógłby wyglądać tak, jak na rys. obok. Na osi poziomej mieści się zakres 0-255, czyli przedział liczbowy dla różnych jasności. Na osi pionowej natomiast zaznaczona jest wielkość obrazująca czy piksel o pewnym WJP występuje w obrazie często czy rzadko. Widać wyraźnie jak mało przestrzeni z zakresu 0-255 zajmuje przykładowy histogram. Na ile to jest ważne?

Otóż gdy wyświetlimy obraz o takim histogramie to otrzymamy na ekranie bardzo marny efekt: obraz będzie pozbawiony kontrastu, „mdły”. Przykład pokazano poniżej - rys.1. Popatrzmy na dolną część tego samego rysunku. Obraz jest wyraźniejszy, kontrastowy. Jest tak dlatego, że histogram tego obrazu zajmuje znaczącą część zakresu 0-255. Taki efekt osiągnięto poprzez liniowe „rozciągnięcie” histogramu. Na pierwszy rzut oka trudno rozpoznać, że histogram dolnego obrazu powstał z histogramu obrazu górnego. Widać bowiem znacznie wyraźniej kilka charakterystycznych miejsc wykresu, początkowo niewidocznych ze względu na silne „skurczenie”.



Rys. 1. Przykład skutków wyświetlania obrazu o wąskim i rozciągniętym histogramie

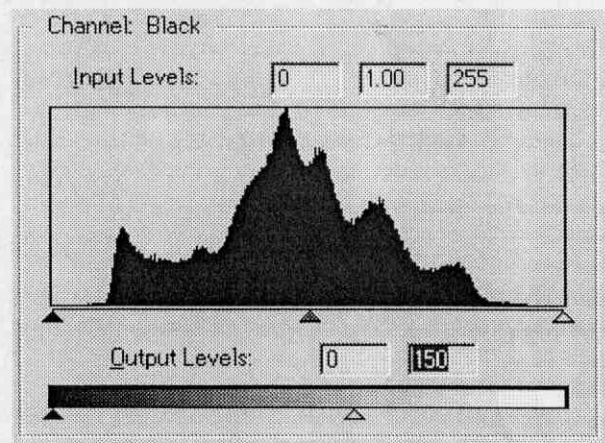
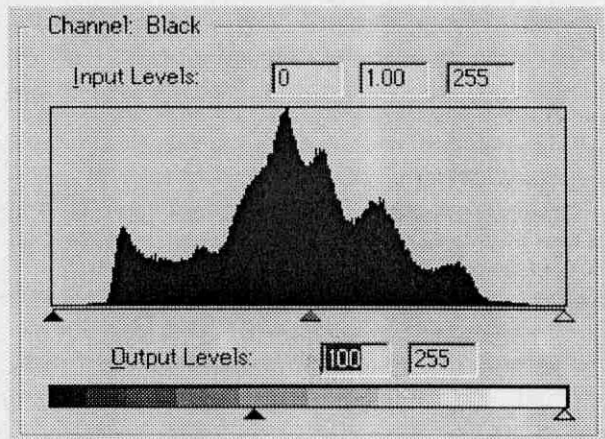
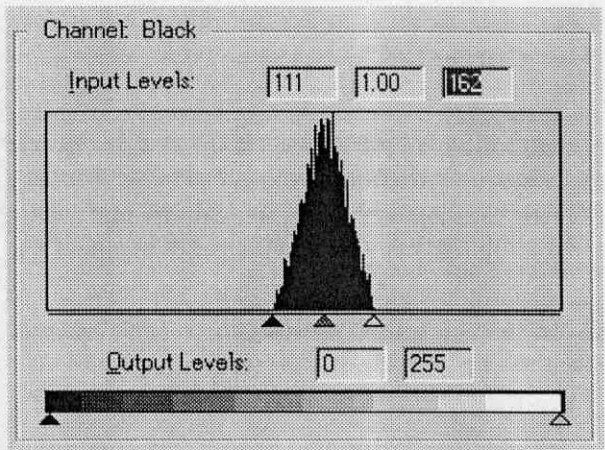
Praktyczne wykonanie takiego przekształcenia w programie PhotoShop polega na przesunięciu suwaków, posadowionych na lewym i prawym skraju wykresu, do styku z użytecznym zakresem histogramu. co widoczne jest na rysunku z prawej strony. Im bliżej zakresu użytecznego ustawimy suwaki tym bardziej kontrastowy będzie obraz po przekształceniu. Jeśli będziemy dalej ograniczać zakres min-max (Input Levels) to obraz będzie coraz bardziej kontrastowy ale zacznie tracić szczegóły najbardziej ciemne i jasne.

Przekształcając histogram można decydować jaki ma być zakres WJP obrazu wynikowego (Output Levels). Domyślnie jest to przedział 0-255. Ale jeśli zadeklarujemy inny zakres np. 100-255 to osiągniemy skutek w postaci rozjaśnienia obrazu (dobrowolnie rezygnujemy z wykorzystania ciemnych tonów 0-99, a minimalne WJP obrazu oryginalnego wyświetlimy jako 100. Sytuacja ta jest zilustrowana na rysunku obok.

Czyli znamy już sposób rozjaśniania obrazu.

Przyciemnienie odbywa się analogicznie. Podając maksymalny zakres WJP dla wyniku wprowadzamy np. 150 a nie 255 (Output Levels) - rysunek obok.

Zatem zmiana kontrastu i jasności to typowe działania na histogramie. Wiele programów nie ujawnia przed użytkownikiem samego histogramu, ale oferując klasyczną opcję „kontrast/jasność” w istocie wykorzystuje opisywane przekształcenia.



9.7 KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE INTERPRETACJI OBRAZÓW LOTNICZYCH I SATELITARNYCH

Mozna postawić pytanie, czy w ogóle potrzebna jest interpretacja obrazów lotniczych i satelitarnych ze wspomaganie komputerowym. O ile w zakresie zdjęć lotniczych problem wymaga dłuższego wywodu to w przypadku obrazów satelitarnych sprawa jest dość oczywista. Już na początku lat siedemdziesiątych pojawiły się niefotograficzne systemy rejestracji obrazu, zapisujące od razu obraz w postaci cyfrowej. Rejestracja informacji w rozbiciu na kilka kanałów spektralnych, cykliczna powtarzalność zapisu obrazu wskazywała w sposób oczywisty na interpretację ze wsparciem komputerowym zamiast analizowania metodą wizualno-manualną.

Przykładowo, w systemie LANDSAT TM scena o wymiarach 185×185 km zawiera około 38 mln pikseli w sześciu kanałach odbijalnych, o rozdzielczości naziemnej 30×30 m, i dodatkowo 2,37 mln pikseli w paśmie termalnym, którego rozdzielczość powierzchniowa wynosi 120×120 m. Zapis jednej kompletnej sceny rejestrowanej skanerem TM wymaga około 240 MB pamięci komputera. Taka porcja danych powstaje dla prawie każdego miejsca na kuli ziemskiej co kilkanaście dni. A gdy dodamy do tego obrazy SPOT, ERS ...

Metodyka, wspomaganie komputerowo, interpretacji cyfrowych danych teledetekcyjnych obejmuje trzy główne segmenty (podział ten jest węższy od podanego w pkt. 9.4):

- 1) *przetwarzanie wstępne*,
- 2) *wzmacnianie odwzorowania radiometrycznego*,
- 3) *ekstrakcję informacji tematycznej*.

9.7.1 Usuwanie zakłóceń

Przetwarzanie to ma na celu usunięcie szumów radiometrycznych oraz tzw. efektu atmosferycznego powstałych w trakcie rejestracji i transmisji danych do naziemnej stacji odbioru.

9.7.2 Wzmacnianie odwzorowania

Wzmacnianie odwzorowania elementów treści obrazu (ang. *image enhancement*), polega na uwydatnieniu cech, ważnych z punktu widzenia potrzeb interpretacji. Wykorzystuje się do tego celu poniżej omówione procedury.

Wzmacnianie kontrastu polega na przekształceniu pierwotnej („surowej”) wersji obrazu cyfrowego w bardziej wyrazistą, łatwiejszą do interpretacji, postać. Stosuje się najczęściej dwie metody:

⇒ **liniowe rozciągnięcie kontrastu**, (ang. *contrast stretching*) które polega na rozszerzeniu przedziału wartości pikseli obrazu oryginalnego w taki sposób, aby zajęły cały dynamiczny zakres skali, w jakiej został zapisany obraz. Metoda ta została już objaśniona w pkt. 9.5. Modyfikacja tej metody polega na zastąpieniu funkcji liniowej inną, np. wykładniczą, logarytmiczną itp.

⇒ **wyrównanie histogramu**, (ang. *histogram equalization*) gdzie pikselom obrazu przetworzonego nadaje się wartości zależnie od częstości ich występowania w obrazie oryginalnym. Jeśli pikseli o danym poziomie jasności jest niewiele, to wówczas skupione zostają w niewielkim zakresie skali, jeśli natomiast jest ich dużo - przeznaczają się dla nich większy przedział skali jasności. Powoduje to zwiększenie kontrastu dla klas o wysokiej częstości występowania pikseli i zredukowanie kontrastu w klasach o relatywnie małej liczebności.

Kwantowanie obrazu (ang. *density slicing*) pozwala zamieniać ciągłą skalę jasności obrazu na szereg przedziałów (plastrów) o określonym zakresie poziomów szarości, co umożliwia zredukowanie szumów i prowadzi do pewnej segmentacji obrazu, a nawet do wydzielenia w obrazie okonturowanych stref, przy odpowiednio dobranych przez użytkownika zakresach gęstości. Dla podniesienia walorów interpretacyjnych, przetworzonego w ten sposób obrazu, stosuje się zabieg pseudokolorowania.

Progowanie (ang. *thresholding*) jest to rodzaj modyfikacji kontrastu, umożliwiający rozdzielenie treści obrazu na dwie klasy, zdefiniowane jednym progiem szarości. Procedurę tę, stosuje się zazwyczaj do maskowania, wyraźnie rozgraniczonych stref, (np. granica lądu i morza), w celu prowadzenia dalszego przetwarzania i interpretacji obrazu, osobno dla każdej wydzielonej strefy.

Wzmacnianie linii krawędziowych (ang. *edge enhancement*) służy do podkreślenia cech geometrycznych obrazu, poprzez wykrywanie miejsc, gdzie następuje w obrazie raptowna zmiana jasności. Zabieg wzmacniania krawędzi wykorzystywany jest m.in., do wykrywania i interpretacji elementów geologiczno-strukturalnych na zdjęciach satelitarnych.

Techniki filtracyjne, stosuje się w celu „wygładzenia” obrazu, zwiększenia kontrastu, usunięcia szumów lub podkreślenia cech geometrycznych odwzorowania cyfrowego. Filtracja obrazów może być prowadzona wg zasad analizy Fouriera (metoda skomplikowana i kosztowna), lub za pomocą tzw. ruchomego okna (np. 3×3 ; 5×5 lub 7×7 pikseli), które przesuwane jest automatycznie piksel po pikselu wzdłuż wszystkich wierszy lub kolumn matrycy obrazowej. W kolejnych położeniach okna obliczana jest, dla środkowego piksela, nowa wartość, np. średnia arytmetyczna jasności pikseli sąsiednich, lub jako wartość odpowiednio wagowana, zależnie od rodzaju zastosowanego filtra. Zazwyczaj stosuje się filtry tzw. *dolnoprzepustowe*, *średnio-* i *górnoprzepustowe*. Pierwsze tłumią wysokie częstotliwości przestrzenne, co prowadzi do wygładzania szczegółów w obrazie, natomiast ostatnie podkreślają wysokie częstotliwości, i przez to uwypuklają szczegóły, zwiększając kontrast między nimi a tłem.

Filtracja obrazów cyfrowych jest szeroko wykorzystywana do rozpoznawania cech geologiczno-strukturalnych (struktury fałdowe, uskoki, spękania itp.), oraz liniowych form antropogenicznych. Detekcja tych cech zależy, w znacznym stopniu, od rodzaju i kierunku filtracji. Elementy zorientowane poprzecznie do kierunku przesuwania się filtra ulegają wzmocnieniu, podczas gdy przebiegające równolegle, podlegają osłabieniu.

9.7.3 Ekstrakcja informacji tematycznej

Ekstrakcja informacji tematycznej polega na wydobywaniu z cyfrowych obrazów multispektralnych, pożądanej porcji informacji. Omówione powyżej procedury odnosiły się do pojedynczego zakresu (kanału) spektralnego, podczas gdy ekstrakcja informacji tematycznej dokonywana jest poprzez równoczesną analizę dwóch lub więcej kanałów spektralnych. W interpretacji geologicznej wielospektralnych obrazów cyfrowych stosuje się najczęściej następujące metody: *dzielenie międzykanałowe*, *tworzenie kompozycji barwnych*, *klasyfikację danych wielospektralnych i analizy multitemporalne*.

Dzielenie międzykanałowe (wagowanie obrazów) sprowadza się do obliczenia dla każdego piksela stosunku jasności spektralnych dla dwóch lub większej liczby kanałów.

Podstawowy problem stanowi tutaj odpowiedni dobór zakresów spektralnych w celu uzyskania, przydatnego dla interpretacji, wyniku. Często właściwy efekt uzyskuje się dopiero po wielokrotnym testowaniu różnych kombinacji kanałów. Bowiem, w ciągu ponad 20-letnich badań udało się opracować relatywnie mało tzw. standardowych zestawów, głównie dla systemów LANDSAT MSS i TM. Do najpowszechniej stosowanych

w badaniach przyrodniczych należą formuły tzw. wskaźników roślinności, w których wykorzystuje się rejestrację w kanale czerwonym i bliskiej podczerwieni, bądź jako stosunek tych kanałów VI (ang. *Vegetation Index*), bądź jako wskaźnik znormalizowanych różnic NDVI (ang. *Normalized Differential Vegetation Index*). Przykładowo dla systemu LANDSAT MSS i TM formuły powyższe mają postać: $VI = (MSS7 / MSS5)$; $VI = (TM4 / TM3)$ oraz $NDVI = (MSS7 - MSS5) / (MSS7 + MSS5)$; lub $NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$. Wszystkie te procedury mają na celu zwiększenie kontrastu, na zdjęciu wagowanym, obrazu roślinności, i wykorzystanie tego obrazu, m.in., jako indykatora cech podłoża, głównie zmian warunków gruntowo-wodnych. Wskaźniki roślinności są także szeroko wykorzystywane do szacowania i przyrostu biomasy, na obszarach upraw i w obrębie naturalnych siedlisk roślinności, oraz do monitorowania stanu zdrowotnego, zwłaszcza lasów iglastych.

Z kolei, do zminimalizowania wpływu roślinności na odwzorowanie innych elementów środowiska wykorzystuje się stosunek kanałów: $(MSS6 : MSS7)$, zaś wagowanie: $(MSS4 / MSS5)$ lub $(TM2 / TM3)$ służy do usuwania tzw. *efektu topografii*, czyli wyrównania różnic jasności tych samych obiektów, spowodowanych rzeźbą terenu, zacienieniem lub sezonowymi zmianami oświetlenia.

Kompozycje barwne stanowią efekt scalenia zapisu cyfrowego z trzech kanałów spektralnych w jeden barwny obraz. Procedura ta służy do wykrycia i uwypuklenia, istotnej dla interpretatora informacji tematycznej, której często nie zawierają pojedyncze wyciągi spektralne. Od strony praktycznej tworzenie kompozycji polega na wykorzystaniu modelu barw RGB, przy czym w projekcji biorą udział kanały spektralne, które z reguły nie odpowiadają barwom podstawowym (np. podczerwień, normalnie niewidoczna dla oka ludzkiego nie ma swojej ustalonej barwy, może być wyświetlana jako R, albo G, albo B). Natomiast jeśli kompozycja generowana jest z trzech kanałów odpowiadających w rzeczywistości barwom RGB to wynik będzie obrazem o barwach naturalnych.

Dla studiów przyrodniczych szczególnie przydatna jest kompozycja złożona z kanału IR (bliska podczerwień) i dwóch kanałów widzialnych, czerwonego i zielonego, wizualizowanych jako odpowiednie składowe RGB. Charakterystyczną cechą tej kompozycji, (uznanej jako jeden ze standardów, tzw. FCC, (ang. *False Colour Composite*), jest odwzorowywanie się zielonej roślinności w różnych odcieniach koloru czerwonego, podobnie jak na zdjęciach spektrostrefowych.

Klasyfikacja danych wielospektralnych jest to technika ilościowej analizy obrazów cyfrowych, wykorzystywaną do automatycznego kartowania tematycznego, czyli generowania cyfrowych map tematycznych np., użytkowania ziemi, stanu i zmian środowiska przyrodniczego itp.

Satelitarne obrazy skanerowe można rozpatrywać jako odwzorowania w wielowymiarowej przestrzeni spektralnej, w której obiekty, o zbliżonej wielkości odbicia promieniowania elektromagnetycznego, reprezentowane są przez skupienia (gromady) pikseli, tzw. klastry (ang. *cluster*). Ze względu na rodzaj i rozdzielczość skanera, zmienność warunków przyrodniczych, ukształtowanie powierzchni, warunki oświetlenia, pokrycie terenu itp., różne obiekty mogą charakteryzować się podobną wielkością odbicia w określonych zakresach spektralnych, i w związku z tym ich klastry będą się częściowo przenikać, zwłaszcza w brzeżnych partiach. Dlatego też, istotą procedur klasyfikacyjnych jest odpowiednio precyzyjne rozdzielenie poszczególnych klastrów, w oparciu o decyzje, zasadne statystycznie. Ogólnie biorąc, wyróżnia się dwie metody klasyfikacji obrazów: *klasyfikację nadzorowaną* i *klasyfikację nienadzorowaną*.

Klasyfikacja nadzorowana (ang. *supervised classification*) wykorzystuje zbiory niezależnych danych, w postaci tzw. pól treningowych, czyli niewielkich fragmentów obrazu, które można uznać za reprezentatywne dla wydzielanych kategorii. Dzięki temu, interpretator może „nadzorować” przebieg automatycznego procesu klasyfikacji, w oparciu o wszystkie dostępne informacje, pozyskiwane nie tylko z treści obrazu, ale także z innych źródeł (materiały kartograficzne, zdjęcia lotnicze, opisy tekstowe, obserwacje terenowe itp.). Na podstawie statystycznej analizy jasności pikseli tworzących dane pole treningowe, (w wykorzystywanych kana-

łach spektralnych), komputer dokonuje weryfikacji wszystkich pikseli w obrazie, pod kątem ich przynależności do jednej z wydzielanych klas.

Do prowadzenia klasyfikacji nadzorowanej stosuje się różnego rodzaju „klasyfikatory”, czyli odpowiednie kryteria np. *największego prawdopodobieństwa*, *najmniejszej odległości od średniej*, *środką ciężkości klastra*, *równoległości* oraz metody hybrydowe i metody drzewa decyzyjnego. Stosując np. kryterium największego prawdopodobieństwa można przydzielić każdy piksel obrazu do jednej z klas, bądź też pozostawić część pikseli nie sklasyfikowanych, nakładając stosowny warunek dla tego kryterium. Dokładność rozpoznania i wydzielenia pożądanych kategorii interpretacyjnych zależy przede wszystkim od trafności doboru pól treninowych, a także od rodzaju przejętego klasyfikatora. Powszechnie przyjmuje się, iż najlepsze rezultaty daje kryterium największego prawdopodobieństwa.

Klasyfikacja nienadzorowana (ang. *unsupervised classification*) uwzględnia jedynie podobieństwo spektralne grup pikseli w obrazie, z których tworzy się określoną ilość klastrów, niezależnie od ich rzeczywistego, przestrzennego przyporządkowania. Wykorzystuje się tutaj kilka kryteriów przydziału piksela do danego klastra, definiując tym samym rodzaj analizy, albo przybliżonej, albo szczegółowej. Klasyfikacja nienadzorowana jest metodą mało dokładną i mało efektywną. Jej stosowanie ogranicza się zazwyczaj do klasyfikacji treści zobrazowań teledetekcyjnych, mało znanych lub niedostępnych, rejonów.

Dla wielu aplikacji przyrodniczych, metody klasyfikacji obrazów cyfrowych, oparte jedynie na różnicach spektralnych obiektów, mogą niekiedy prowadzić do błędnej interpretacji treści tematycznej tych zobrazowań. Dlatego też, podejmowane są próby włączenia do procedur klasyfikacyjnych, poza spektralnych cech rozpoznawczych, takich jak struktura czy tekstura obrazu. Zagadnienia te są dopiero przedmiotem intensywnych badań w wielu ośrodkach na świecie i brak jeszcze na rynku bardziej zaawansowanych procedur, dostępnych dla cywilnych zastosowań.

9.7.4 Interpretacja wyników

Interpretacja materiałów teledetekcyjnych może odbywać się *metodą wizualno-manualną* lub *ze wspomaganie komputerowym*. Może ona dotyczyć, zarówno analizy stanu panującego w momencie obrazowania, jak i porównania obrazów uzyskanych w różnym czasie (*analizy multitemporalne*).

Interpretacja wizualno-manualna polega na szczegółowej analizie obrazów uzyskanych dowolnymi technikami, łącznie z obrazami przetworzonymi komputerowo, zarówno gołym okiem jak i przy użyciu układów powiększających. Ogólnie biorąc, proces interpretacji polega na wykrywaniu i rozpoznawaniu interesujących nas obiektów i zjawisk na podstawie *bezpośrednich i pośrednich cech rozpoznawczych* (wielkość, kształt, ton lub barwa, struktura i tekstura obrazu, cień, wzajemne powiązanie obiektów itp.). Drogą dedukcji można również stwierdzić obecność i określić właściwości obiektów (zjawisk, procesów), które nie odwzorowały się bezpośrednio na zdjęciu. Przy pracy korzystnym jest posługiwać się „*kluczami fotointerpretacyjnymi*”, zawierającymi wzorce analizowanych obiektów i zjawisk. Wyniki wydzieleni interpretacyjnych należy zaznaczyć wybranymi sygnaturami na samym zdjęciu, czy też na położonej na nim folii, a następnie przenieść je na podkład topograficzny prostymi metodami graficznymi lub optycznymi, np. za pomocą przetwornika LUZ. Przy analizie zdjęć lotniczych należy posługiwać się stereoskopem, pozwalającym na uzyskanie plastycznego obrazu terenu ze zdjęć szeregowych.

Analizy multitemporalne umożliwiają określenie zmian zachodzących na danym obszarze w czasie. Do tego celu wykorzystuje się zarówno obrazy cyfrowe jak i obrazy analogowe (np. zdjęcia lotnicze). Muszą być one sprowadzone do jednolitej skali i układu współrzędnych. Analiza może być wykonywana przy użyciu komputera lub metodą wizualno-manualną, np. przez równoczesne oglądanie zdjęć z różnych okresów czasu pod stereoskopem. W pierwszym przypadku sprowadza się to do wykazywania różnic pomiędzy poszczególnymi pikselami

mi. Przedmiotem interpretacji jest wyjaśnienie genezy powstałych zmian i ich powiązanie z terenem. Analizy multitemporalne mogą być wykonywane automatycznie.

Wyniki interpretacji zależą od zdolności kojarzenia zjawisk przez interpretatora oraz od jego doświadczenia.

Interpretację materiałów teledetekcyjnych otrzymywanych zarówno z bezpośredniej rejestracji, drogą komputerowego wspomaganie czy GIS-u należy, w miarę możliwości, prowadzić w *kilku etapach*. Pierwszy, obejmuje *wstępną analizę* najważniejszych, najbardziej typowych obiektów i zjawisk. Kolejnym, o ile jest to możliwe, jest *terenowa weryfikacja* uzyskanych wyników. Dopiero potem wykonuje się *właściwe opracowanie* zawierające rezultaty, zarówno studiów kameralnych, jak i badań terenowych.

Wyniki pracy w zakresie teledetekcji zależą przede wszystkim od kwalifikacji interpretatora, który zawsze podejmuje podstawowe decyzje w procesie interpretacji, gdyż nawet najlepsze programy komputerowe mogą okazać się niewystarczające. Powinien on znać analizowane zjawiska i mieć doświadczenie w posługiwaniu się materiałami teledetekcyjnymi, technikami komputerowego wspomaganie i GIS-em. Metody te, powszechnie stosowane w świecie i w wielu ośrodkach w Polsce, są w niektórych przypadkach niezastąpione (np. kartografia geologiczna i geomorfologiczna, analiza i monitoring środowiska itp.). Należy przestrzec przed skrajnymi poglądami na temat wykorzystania technik teledetekcyjnych; że są one w ogóle nieprzydatne, oraz że można z nich otrzymać wszystko, a stosowanie innych metod jest nieuzasadnione.

9.8 SKANOWANIE RYSUNKÓW, MAP I ZDJĘĆ

W rozdziale 4 wspomniano o skanowaniu jako metodzie przekształcenia zdjęć fotograficznych do postaci cyfrowej. Skala problemów występująca przy skanowaniu zdjęć fotograficznych jest znacznie bardziej złożona aniżeli w przypadku map czy rysunków. Zdjęcia fotogrametryczne mają bardzo wysoką rozdzielczość, ich kolorystyka jest relatywnie subtelna, ilość półtonów - znaczna. Aby nie zdegradować informacji zawartej na takich zdjęciach trzeba stosować skanery o wysokiej rozdzielczości geometrycznej i radiometrycznej. Tylko w zakresie wielkości skanowanej powierzchni skanery fotogrametryczne nie przewyższają innych urządzeń tego typu, gdyż dostosowane są do realnych potrzeb, określonych rozmiarem zdjęcia lotniczego, tj. 23 cm × 23 cm.

Rozdzielczość skanowania wynika z wielkości elementarnej powierzchni, dla której dokonywany jest pomiar jasności. Naturalną miarą rozdzielczości jest rozmiar piksela ale często stosuje się miernik gęstości określany liczbą pikseli na cal ($\text{ppi} = \text{pixel per inch}$). Zamiennym, jeszcze częściej używanym określeniem jest gęstość podawana jako „dpi” (dots per inch) ale jest to mniej ścisły odpowiednik dla „ppi”.

9.8.1 Rodzaje skanerów

Skanery można podzielić na kilka grup w zależności od przyjętego kryterium:

- a) czułość radiometryczna - skanery do materiałów kolorowych, monochromatycznych lub (rzadziej) tylko do czarno białych półtonalnych;
- b) tryb pracy - skanujące tylko materiały przezroczyste (tzw. tryb światła przechodzącego), przeznaczone tylko do materiałów nieprzezroczystych (pracujące w świetle odbitym) oraz z możliwością przełączenia na oba tryby
- c) dokładność geometryczna:
 - precyzyjne - bardzo dokładnie (tzn. wiernie) odtwarzające geometrię obrazu tj. na poziomie kilku, kilkunastu μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$)
 - bez gwarancji wiernego odtworzenia własności geometrycznych

d) rozdzielczość:

- wysokorozdzielcze o rzeczywistej rozdzielczości w obu kierunkach ponad 1000 dpi
- średnio lub niskorozdzielcze

e) powierzchnia skanowania (format): mało, średnio i wielko-formatowe (np. format A0)

f) konstrukcja nośnika: skanery stołowe („płaskie”, „płaszczyznowe”),
bębnowe (materiał skanowany kładzie się na powierzchni walca),
rolkowe zwane żargonowo „wyżymaczkami” (materiał przeciągany jest pomiędzy rolkami)
ręczne, przesuwane po skanowanej powierzchni

Przykładem skanera fotogrametrycznego najnowszej generacji jest PhotoScan TD firmy Intergraph. Oto kilka najistotniejszych parametrów tego urządzenia:

- powierzchnia skanowania: 275 × 250 mm,
- rodzaj skanowanego materiału: błona fotograficzna (negatyw lub diapozytyw)
- dokładność geometryczna: < 2 μm
- rozdzielczość skanowania: do wyboru 7, 14, 28, 56, 112, 224 [μm]
- liczba detektorów CCD (ulożonych w linii) - 5 632
- typowy czas skanowania przy pikselu 14 μm - 10 min
- rodzaj oświetlenia - lampa halogenowa,
- system operacyjny - Windows NT > 3.5 (zalecany 4.0)
- format zapisu obrazu: TIFF lub INGR (opcjonalnie z kompresją JPEG - wymagana jest wtedy specjalna karta w komputerze sterującym)

Ponadto istnieje możliwość dostosowania skanera do pracy z materiałem w postaci filmu w rolce (bez konieczności cięcia na porcje 23 × 23 cm). W stosunku do swoich poprzedników (PS1) wyróżnia się jednoprzebiegowym skanowaniem zdjęć kolorowych (warstwy RGB powstają równocześnie).

9.8.2 Rozdzielczość skanowania, wielkości plików

Wyobraźmy sobie zbiór równoległych, czarnych kresek leżących blisko siebie. Ile takich kresek może wyróżnić człowiek na odcinku jednego milimetra ? Okazuje się że możliwe jest wydzielenie do 12-13 linii na milimetrze. Ponieważ pomiędzy czarnymi kreskami muszą wystąpić przerwy, czyli białe kreski, toteż mówi się o 12-13 parach linii widzianych - niestety nie każde oko - na odcinku 1 mm (czyli statystycznie 12.5 lp/mm; lp to para linii) Szerokość takich kresek (białych i czarnych) wynosi w tym przypadku:

$$1 \text{ mm} / 25 = 0.040 \text{ mm} = 40 \text{ } \mu\text{m} \quad (2 \times 12.5 = 25 \text{ linii})$$

Zatem rozdzielczość oka odpowiada pikselowi 40 μm. A jak wyrazić tą wielkość w dpi ?

Pamiętając, że cal to 25.4 mm przeliczamy szybko: 25.4 mm / 0.04 mm = 635 dpi

Ponieważ rozdzielczość skanowania podawana jest albo w [μm] albo w [dpi] to warto zapamiętać że 1 000 dpi odpowiada pikselowi 25 μm a 500 dpi to 50 μm.

Przy wyborze rozdzielczości skanowania konieczna jest świadomość konsekwencji w postaci rozmiarów pliku, reprezentującego obraz cyfrowy w komputerze. Im większa rozdzielczość tym oczywiście większy plik.

Posłużmy się przykładem.

Skanujemy zdjęcie lotnicze 23 × 23 cm, wybieramy rozdzielczość 1 200 dpi;

wpierw obliczymy ile pikseli powstanie w każdej linii obrazu. Mamy dwie drogi:

*-dla lubiących „cale” : dzielimy 23cm na porcje po 2.54 cm i dostajemy 9.055 cali,
następnie mnożymy 9.055 przez 1 200 co daje około 10 866 pikseli*

*- zwolennicy milimetrów liczą tak: 25.4 mm / 1200=0.021.. mm;
następnie dzielią 230 mm przez 0.021.. i uzyskują 10 866 pikseli*

-obraz zatem przyjmie rozmiary 10 866 × 10 866 pikseli, co daje po wymnożeniu astronomicznie dużą liczbę około 118 mln.

Pomijając pewne niuanse można przyjąć, że powstanie plik komputerowy o wielkości 118 MB (mega-bajtów). Jeśli skanowaliśmy obraz kolorowy to niestety trzeba zastosować jeszcze współczynnik krotności 3 (bo R+G+B) co zaowocuje wielkością około 350 MB. Wiadąc z tego że obrazy cyfrowe wymagają olbrzymich zasobów pamięciowych (dyski gigabajtowe). Warto zdawać sobie sprawę, że popularny nośnik danych CD-ROM jest zdolny pomieścić około 640 MB.

Powyższy przykład rodzi z pewnością pytanie czy aby tych obrazów nie można skompresować.

Odpowiedź nie jest jednoznaczna. W przeciwieństwie do plików zawierających teksty, rysunki wektorowe (dxf, dgn) obrazy półtonalne są bardzo odporne na kompresję. Wyjątkiem jest kompresja JPEG, ale po pierwsze ma charakter stratny, po drugie dekompresja w locie pliku o wielkości rzędu 100 MB jest uciążliwa czasowo, chyba że komputer posiada specjalny procesor do takiej operacji.

Jedynie obrazy binarne (monochromatyczne) kompresują się z dobrym skutkiem. Popularnym formatem w takim przypadku jest CIT (lub RLE - *Run Length Encode*).

9.9 ĆWICZENIA

Wykaz obrazów do ćwiczeń

- parking0.tif mono, wąski histogram, skan 875 dpi (pix 29 μm), skala ~1 : 6 000
- parking1.tif mono, ale histogram rozciągnięty
- parking2.tif kolor, wąski histogram
- parking3.tif kolor, szeroki histogram
- parking4.tif mono, na brzegach zaciemniony
- kwadraty.tif tablica barwna

Co mieści się w piórniku PhotoShopa ?

Cel: poznanie narzędzi do edycji zestawionych w listwie narzędziowej

Przebieg:

Demonstracja sposobu wybierania przycisków z listwy i poznanie ich funkcji.

Minimalny zakres poznawanych narzędzi to: lupa (powiększanie, pomniejszanie), selekcja prostokątna i dowolna, kropłomierz, pędzel, ołówek, gumka, stempel, linia, tekst

Model barw RGB

Cel: zrozumienie addytywnego składania barw (trzy kolory podstawowe + kilka kolorów powstałych ze zmieszania R+G+B)

Przebieg:

Wczytanie obrazu kwadraty.tif; pomiar jasności - kropłomierz - (R= 255,0,0 itd.);
rozbicie obrazu na składowe RGB; zapis trzech powstałych plików;
wyświetlenie obok siebie obrazu kolorowego i trzech wyciągów R,G,B;
wyświetlenie obrazu kolorowego po zmianie przyporządkowania składowych RGB (np. deklaracja R jako zielony, itd.)

Rozbicie na R,G,B: Window - show channels - dalsze rozwinięcie i split channels

Połączenie R,G,B: wczytanie kanałów R,G,B; Window - show channels - dalsze rozwinięcie i merge channels

Działanie na histogramie

Cel: praktyczna realizacja operacji omówionych w części wykładowej - pkt. 9.5 oraz rozszerzenie w odniesieniu do obrazów kolorowych.

Przebieg :

wczytanie obrazu parking0.tif - następuje wizualizuje się bez kontrastu;
pokazanie histogramu: *Image - Adjust - Levels (lub: Ctrl+L)* ograniczenie zakresu min-max;
zapis obrazu pod inną nazwą, usunięcie go z sesji PhotoShop-a i ponowne otwarcie z dysku.

Porównanie histogramu.

Ponadto należy wykonać próby zmiany wsp. gamma (środkowy suwak). Gamma >1 rozjaśnia obraz ale bardziej w cieniach niż w światłach, czyli działa wg funkcji logarytmicznej a nie liniowo - jak rozciąganie. Gamma <1 - działanie odwrotne.

Wczytanie obrazu parking2.tif i powtórzenie operacji na histogramie ale dla obrazu kolorowego.

Zmiana rozdzielczości obrazu

Cel: pokazanie wpływu wielkości piksela na czytelność obrazu

Przebieg:

wczytanie obrazu parking1.tif; zmiana rozdzielczości, tj. utworzenie 2 obrazów o pikselu 2 razy większym i 4 razy większym; dyskusja o rozdzielczości.

Zmiana jasności fragmentu obrazu

Cel: przeprowadzenie operacji zmiany jasności dla wybranego fragmentu obrazu (w domyśle usunięcie spadku jasności zdjęcia na brzegach)

Przebieg:

wczytanie obrazu parking4.tif;
rozjaśnianie brzegowej części obrazu z wykorzystaniem selekcji nieprostokątnej.
Ze względu na ograniczenia PhotoShopa wpierw należy przyciemnić środkową część obrazu a potem rozjaśnić całość

Zmiana ostrości obrazu

Cel: demonstracja efektów filtracji wyostrającej

Przebieg:

jeden z obrazów należy poddać filtracji „sharpen” w kilku wariantach; wybrany wynik zapisuje się jako plik i po ponownym wczytaniu następuje porównanie efektu.

Retusz obrazu

Cel: zlikwidowanie sztucznej linii znajdującej się w dolnej części obrazu parking3.tif (jest to linia narysowana na zdjęciu ołówkiem ?).

Przebieg:

Początkowo kursanci samodzielnie próbują wybrać akcesoria do retuszu.

Należy zalecić zastosowanie funkcji „stempel”. Pozwala na przeniesienie małego fragmentu obrazu do innego miejsca. Można pokazać użycie tej funkcji do powielania samochodów na parkingu aż do zapelnienia wszystkich miejsc.

Obliczenia - relacja pomiędzy jednostkami [dpi], [μm], wielkość piksela w terenie

Skanowanie

Cel: praktyczne przeprowadzenie skanowania mapy i zdjęcia lotniczego

Wyświetlanie kompozycji barwnych I (PhotoShop)

Wyświetlanie kompozycji barwnych II (Idrisi)

Przybliżone wpasowanie zdjęcia lotniczego w układ współrzędnych

Mamy zeskanowane zdjęcie lotnicze o skali 1 : 26 000. Chcemy go tak przetworzyć, aby uzyskać fotomapę w skali 1:10000.

Teren przedstawiony na zdjęciu (okolice WODGiK Sieradz) jest dość płaski, deniwelacje dochodzą do kilku metrów. Jeśli przyjmiemy $\Delta h = 5$ m to z wzoru 3 zamieszczonego w rozdziale 6 (część I) można łatwo obliczyć maksymalne spodziewane przesunięcie radialne na zdjęciu.

Wynosi ono mm.

Dla fotomapy maksymalny błąd położenia z tytułu deniwelacji będzie 2.6 razy większy (dlaczego ?)

i wynosi mm.

Można zatem teren przyjąć jako teren za płaszczyznę co pozwala zastosować przetworzenie rzutowe jako model transformacji zdjęcie-mapa. Jednakże model taki nie jest dostępny w programie IDRISI i dlatego będzie zastąpiony transformacją afiniczną (patrz pkt. 9.5).

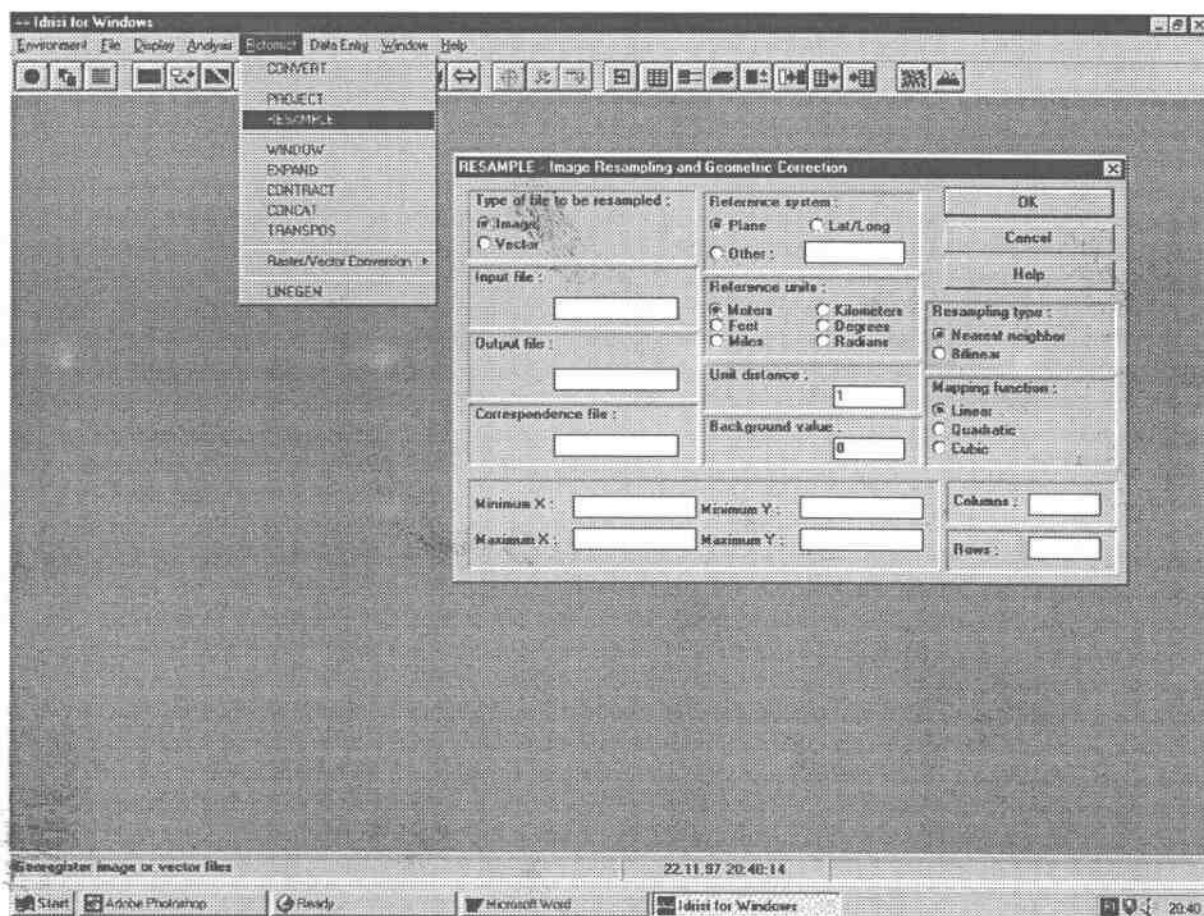
Dane początkowe to zeskanowana mapa topograficzna 1 : 10 000 i zdjęcia lotnicze. Są to pliki w formacie TIFF o nazwach: **mapa.tif**, **sieradz.tif**.

W pierwszym etapie musimy przetłumaczyć format TIFF na format stosowany przez system IDRISI. Do tego celu służy w Idrisi moduł: *File - Import - Desktop Publishing Format - TIFIDRIS*. W tym module zamieniany jest plik *.tif na *.raw (w Idrisi format .raw ma rozszerzenie .img). Uzyskamy pliki **mapa.img** i **sieradz.img**.

Dla określenia parametrów transformacji afinicznej musimy wybrać trzy punkty dostosowania, tzn. zidentyfikować je na mapie i zdjęciu oraz określić ich współrzędne na obu obrazach.

Następnie tworzymy tzw. *correspondence file* za pomocą modułu Edit (patrz rozdz. 10, rys 1), np. zbiór: **fotomapa.cor**. Z kolei przystępujemy do *resamplingu* za pomocą modułu: *Reformat - RESAMPLE*. W tym module możemy transformować zarówno obrazy cyfrowe jak i grafikę wektorową. Jako *Input file* piszemy: **sieradz**. Nazwę **fotomapa** wpisujemy w dwóch miejscach: jako *output file* i jako *correspondence file*.

Na końcu ustalamy zakres współrzędnych w którym mieści się będzie fotomapa a zatem wartość Xmin, Xmax oraz Ymin i Ymax. Biorąc po uwagę zarówno rozdzielczość obrazu jak i zdrowy rozsądek (uwaga wielkość pliku) dobieramy liczbę kolumn i wierszy.



Rys. 3.

9.10 WARSZTATY

Dyskusja na temat: Zalety i ograniczenia komputerowego wspomagania interpretacji cyfrowych obrazów lotniczych

10. FOTOINTERPRETACJA ZDJĘĆ LOTNICZYCH I WNIESIENIE WYNIKÓW NA MAPĘ

Beata Hejmanowska

10.1 ZASTOSOWANIE FOTOINTERPRETACJI ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Fotointerpretacja jest częścią szerszej dziedziny zwanej teledetekcją. Teledetekcja obejmuje bowiem zdalną rejestrację obiektów w różnych przedziałach spektralnych z różnych pułapów a także późniejsze przetwarzanie pozyskanych obrazów. W ramach szkolenia fotointerpretacja jest ograniczona głównie do interpretacji zdjęć wykonanych w paśmie widzialnym i z pułapu lotniczego. Stanowi to znaczne ograniczenie w porównaniu z zastosowaniem teledetekcji (tabela 1).

Poniżej przedstawiono w skrócie możliwości wykorzystania zdjęć dla różnych potrzeb.

Dużą grupę stanowią zastosowania fotointerpretacji w geologii. Jest ona wykorzystywana na świecie w zakresie interpretacji litologii, tektoniki. Fotointerpretacja jest także jedną z metod wykorzystywanych w geologii obok metod geofizycznych i innych w pracach związanych z poszukiwaniem złóż i surowców naturalnych. Zastosowanie metod fotointerpretacyjnych w geologii wymaga dużego doświadczenia i jest tym trudniejsze im bardziej skomplikowana jest sytuacja geologiczna na danym terenie. Utrudnieniem jest fakt uprawiania rolniczego badanych obszarów, co uniemożliwia np. wykorzystanie naturalnej roślinności jako pośredniej cechy fotointerpretacyjnej. Większość obszaru Polski pokryta jest grubą warstwą utworów czwartorzędowych co uniemożliwia wykorzystanie w fotointerpretacji bezpośrednich cech np. widocznych na powierzchni form geometrycznych utworów geologicznych. W związku z tym a także z faktem, że teren Polski jest na ogół uprawiany rolniczo fotointerpretacja w geologii wymaga szczególnie dużego doświadczenia. Stosunkowo łatwiejsza jest interpretacja zdjęć lotniczych dla potrzeb geomorfologii. „Celem geomorfologicznej interpretacji zdjęć lotniczych jest opisanie zewnętrznego wyglądu form rzeźby, ich ilościowa charakterystyka, wyjaśnienie genezy, a także określenie dynamiki współczesnych procesów rzeźbotwórczych” [1]. Wykorzystanie zdjęć lotniczych umożliwia z reguły znacznie dokładniejsze opisanie powierzchni terenu w stosunku do istniejącej mapy topograficznej. Rzeźba terenu jest uzależniona zarówno od tektoniki i litologii ale także na jej kształt wpływa zarówno działalność niszcząca jak budująca wody płynącej, lodowców górskich, lądolodów czy wiatru. Zdjęcia lotnicze nadają się szczególnie do badania dynamiki zmian rzeźby wybrzeża morskigo. Wykorzystanie zdjęć lotniczych ma trzy podstawowe zalety:

- pozwala na szczegółowy opis form rzeźby terenu, którego stopień szczegółowości i generalizacja zależą od interpretatora i ponadto na tych samych materiałach interpretacja geomorfologiczna może być prowadzona, czy weryfikowana wielokrotnie w zależności od potrzeb,
- umożliwia opis ilościowy form rzeźby terenu,
- poprzez wykorzystanie zdjęć wieloczasowych daje możliwość śledzenia dynamiki rozwoju rzeźby terenu w czasie.

Inną grupę stanowią zastosowania rolnicze. Dla potrzeb rolnictwa zdjęcia lotnicze mogą być wykorzystane dla celów gleboznawczych. W przypadku terenów nie porośniętych roślinnością - gleby są rozpoznawane na podstawie ich bezpośrednich cech interpretacyjnych takich jak fototon lub barwa, nasycenie czy jasność czy struktura i tekstura. W przypadku występowania roślinności naturalnej interpretatorowi pozostaje jedynie wykorzystanie cech pośrednich. Natomiast dla obszarów kultywowanych rolniczo szczególnie ważna jest pora roku w której wykonano zdjęcia, gdyż zarówno wczesna wiosną jak i późną jesienią użytki

rolne są w większości pozbawione roślinności (z wyjątkiem poplonów i zbóż ozimych). W celu rozpoznania gleboznawczego terenu ze zdjęć lotniczych tworzone są klucze i wzorce fotointerpretacyjne.

Fotointerpretacja może mieć duże znaczenie także w leśnictwie, planowaniu przestrzennym, monitoringu środowiska i innych. Szereg szczegółowych zastosowań zostanie przedstawionych w innych specjalistycznych rozdziałach. W niniejszym rozdziale fotointerpretacja zostanie wykorzystana dla potrzeb tworzenia mapy użytkowania terenu.

10.2 WYKORZYSTANIE FOTOINTERPRETACJI DLA POTRZEB KOMPLIACJI MAPY POKRYCIA / UŻYTKOWANIA TERENU

Zdjęcia lotnicze nadają się szczególnie do sporządzania map pokrycia/użytkowania terenu. Istniejące mapy tematyczne są z reguły nieaktualne (ze względu choćby na nieustanne zmiany struktury upraw). Często w ogóle nie istnieją mapy tematyczne dotyczące użytkowania terenu. W zależności od potrzeb, skali zdjęć, umiejętności interpretatora można dokonać wydzielenia: użytków rolnych, w tym różnego rodzaju zbóż i roślin okopowych, trwałych użytków zielonych, w tym łąk i pastwisk, terenów zabudowanych, obszarów leśnych, w tym iglastych, liściastych czy mieszanych (z możliwością wydzielenia gatunków). Uwzględniając porę roku, wykorzystując własne doświadczenie interpretator wydziela w obrazie wybrane kategorie użytkowania terenu. W tym przypadku opracowanie uniwersalnych kluczy fotointerpretacyjnych jest utrudnione, ze względu na dużą zmienność upraw w ciągu roku. Konieczne jest właściwie każdorazowo stworzenie własnych wzorców interpretacyjnych. Po etapie kameralnej interpretacji przeprowadza się weryfikację terenową na wybranych obszarach testowych celem sprawdzenia poprawności przeprowadzonych wydzieleni. Następnie weryfikuje się przyjęte założenia interpretacyjne i przeprowadza ostateczną korektę wydzieleni. W celu określenia dokładności przeprowadzonej fotointerpretacji, wykonuje się w pewnych miejscach sprawdzenia terenowego. Wykorzystując zdjęcia archiwalne możliwe jest wydzielenie typów użytkowania dla stanu archiwalnego. W takim przypadku możliwa jest analiza zmienności struktury użytkowania terenu w czasie.

Tabela 1

Rolnictwo, Leśnictwo, Zasoby Środowiska	Kartografia, Użytkowanie terenu	Geologia	Zasoby wodne	Oceanografia i zasoby morskie	Środowisko
- Wydzielanie typów wegetacji: użytków rolnych, użytków leśnych innych obszarów pokrytych wegetacją - Pomiary powierzchni użytków rolnych - Pomiary powierzchni i objętości użytków leśnych - Określanie fazy fenologicznej roślinności i jej biomasy - Określanie stanu zdrowotności roślinności - Określanie <i>stresu</i> u roślin - Określanie warunków glebowych - Określanie genetyz gleb - Szacowanie uszkodzeń użytków zielonych i lasów po pożarze	- Klasyfikacja użytkowania terenu - Tworzenie map i ich aktualizacja - Kategoryzacja terenów w kontekście możliwości ich przeznaczenia - Wydzielenia kategorii użytkowania w terenach zurbanizowanych i rolnych - Planowanie regionalne - Kartowanie sieci komunikacyjnych - Kartowanie granic wodoląd - Kartowanie nieciągłości	- Rozpoznanie typów skał - Kartowanie głównych jednostek geologicznych - Korygowanie map geologicznych - Wydzielenia skał i gruntów nie skonsolidowanych - Kartowanie powierzchni wulkanicznych - Kartowanie form ukształtowania terenu - Wydzielenia struktur regionalnych - Kartowanie elementów liniowych	- Określanie granic wód ich powierzchni i objętości - Kartowanie powodzi - Wydzielanie pokrywy śniegowej - Pomiar cech lodowcowych - Pomiary zanieczyszczenia sedymentami i stopnia znieczyszczenia wody - Detekcja nawodnienia pól - Inwentaryzacja jezior	- Detekcja fauny i flory mórz - Określanie kształtu pływów - Kartowanie zmian linii brzegowej - Kartowanie obszarów pokrytych lodem - Studia dotyczące falowania	- Monitoring górnictwa odkrywkowego i postępów rekultywacji - Kartowanie i monitoring zanieczyszczenia wód - Detekcja zanieczyszczenia powietrza - Detekcja efektów naturalnych katastrof - Monitoring efektu działalności człowieka (eutrofizacja jezior, wycinanie drzew i inne)

10.3 MAPA UŻYTKOWANIA I SYSTEMY INFORMACJI O TERENIE

Klasyfikacja kategorii użytkowania terenu wg Międzynarodowego Towarzystwa Geograficznego, (w nawiasach proponowane kolory dla poszczególnych kategorii).

Poziom I

- 100. Zabudowa (czerwony)
- 200. Obszary rolnicze (jasno brązowy)
- 300. Tereny porośnięte naturalną roślinnością (jasno pomarańczowy)
- 400. Obszary leśne (zielony)
- 500. Woda (ciemno niebieski)
- 600. Tereny podmokłe (jasno niebieski)
- 700. Tereny odkryte (szary)
- 800. Tundra (szaro zielony)
- 900. Wieczny śnieg (biały)

Poziom II

100. Zabudowa

- 110. Zabudowa mieszkalna
- 120. Zabudowa handlowa i usługi
- 130. Zabudowa przemysłowa
- 140. Zabudowa związana z transportem
- 150. Infrastruktura techniczna
- 160. Obiekty instytucjonalne
- 170. Obiekty związane z rekreacją
- 180. Teren zabudowany o charakterze mieszanym
- 190. Obszary „otwarte” przeznaczone pod zabudowę lub obiekty w budowie

200. Obszary rolnicze

- 210. Uprawy zbożowe i pastwiska
- 220. Sady, aleje, winnice, ogrody
- 230. Obszary związane z hodowlą
- 240. Inne rolnicze

300. Tereny porośnięte naturalną roślinnością

- 310. Obszary porośnięte naturalną roślinnością trawiastą
- 320. Obszary porośnięte roślinnością krzaczastą
- 330. Mieszana naturalna roślinność

400. Obszary leśne

- 410. Las iglasty
- 420. Las liściasty
- 430. Las mieszany
- 440. Wycinka leśna
- 450. Obszary leśne po pożarze

500. Wody

- 510. Rzeki, strumienie i kanały
- 520. Jeziora, stawy
- 530. Sztuczne zbiorniki wodne
- 540. Zatoki i ujścia rzek
- 550. Żeglowne wody otwarte

600. Tereny podmokłe

610. Porośnięte roślinnością leśną obszary podmokłe

620. Obszary podmokłe porośnięte roślinnością nie leśną

700. Tereny odkryte

710. Suche dna zbiorników wodnych

720. Plaże

730. Obszary piaszczyste inne niż plaże

740. Odkryte skały

Przyjęta klasyfikacja, jeśli ma być efektywnie stosowna za pomocą technik teledetekcyjnych musi spełniać następujące kryteria:

1. dokładność interpretacji typów użytkowania musi wynosić co najmniej 85%;
2. dokładność wydzielenia poszczególnych klas powinna być w przybliżeniu jednakowa;
3. zapewniać powtarzalność wyników interpretacji prowadzonej przez różnych interpretatorów i w różnym czasie;
4. możliwość zastosowania na dużych obszarach;
5. możliwość wykorzystania danych teledetekcyjnych otrzymanych o różnej porze roku;
6. możliwość uszczegółowienia klasyfikacji na podstawie pomiarów naziemnych lub wykorzystania zobrazowań w większej skali;
7. możliwość generalizacji kategorii;
8. klasyfikacja musi być opracowana perspektywicznie, tzn. uwzględniać wszystkie możliwe przyszłe kategorie użytkowania terenu;
9. klasyfikacja musi uwzględniać różnorodność użytkowania.

Dla celów planowania i zarządzania (poziom I i II) dokładność interpretacji musi wynosić 85 - 90%. Dokładność tę można uzyskać, z wyjątkiem obszarów zabudowanych z danych satelitarnych.

Rozdzielczość obrazów

Minimalna powierzchnia, którą można sklasyfikować jako kategorię mapy użytkowania terenu zależy od

- skali zdjęcia (rozdzielczości oryginalnego obrazu)
- skali danych skompilowanych tzn. takich na których przeprowadza się interpretację
- skali tworzonej mapy użytkowania terenu

Trudno jest przedstawić na mapie użytkowania terenu obiekt mniejszy niż 2,5 - 5 mm. Rzeczywista wielkość minimalnego kartowanego elementu zależy od skali tworzonej mapy.

Tabela 2

poziom	skala obrazu	źródło danych
I	1 : 250 000 i mniejsze	LANDSAT TM
II	1 : 80 000 i mniejsze	LANDSAT, SPOT
III	1 : 20 000 - 1 : 80 000	zdjęcia lotnicze, wysokorozdzielcze obrazy satelitarne
IV	> 1 : 20 000	zdjęcia lotnicze

10.3.1 Objaśnienia do klasyfikacji

100. Zabudowa

Cechy rozpoznawcze obszarów zabudowanych:

- gęsta sieć dróg (w postaci regularnej siatki, promieniście rozchodzących się lub nieregularnych);
- centra przemysłowe i komercyjne są z reguły pozbawione roślinności i charakteryzują się zwykle dużą ilością kominów i powierzchni wyasfaltowanych, betonowych;
- centralna część obszarów zabudowanych jest zwykle otoczona obszarem zabudowy mieszkalnej, rozproszonej (domy wolnostojące) charakteryzującej się zwykle większą ilością zieleni.

110. Obszar zabudowy mieszkalnej, typu domy jednorodzinne, charakteryzuje się drobniejszą strukturą obrazu, regularnym wzorcem wąskich dróg i dużą ilością zieleni

- 111. Zabudowa parterowa rozproszona
- 112. Zabudowa parterowa o średnim zagęszczeniu
- 113. Zabudowa parterowa zwarta
- 114. Budynki „ruchome”
- 115. Budynki piętrowe (do 4 piętra)
- 116. Budynki wielopiętrowe (więcej niż 4 piętra)

120. Zabudowa handlowa i usługi obejmuje budynki biur, domy towarowe, drogi dojazdowe, parkingi. Obszary te mogą obejmować obiekty nie komercyjne jak kościoły, szkoły, domy mieszkalne czy obiekty przemysłowe. W przypadku kiedy obiekty inne stanowią więcej niż 1/3 obszaru handlowo-usługowego powinno się na II poziomie sklasyfikować je jako zabudowę o typie mieszanym (180). Typ zabudowy handlowo-usługowej generalnie występuje:

- w centrach miast
- jako duże centra handlowe poza miastem (w pobliżu dużych miast)
- wzdłuż głównych dróg
- jako centra handlowe w pobliżu mieszkalnych obszarów zabudowanych

Obszarów handlowo-usługowych na poziomie III nie da się skartować bez wywiadu terenowego.

- 121. Budynki handlu detalicznego i usługowe
- 122. Budynki handlu hurtowego
- 123. Biura i usługi profesjonalne
- 124. Hotele i motele
- 125. Obiekty kulturalne
- 126. Zabudowa handlowo-usługowa o charakterze mieszanym

130. Obszary przemysłowe na III poziomie są klasyfikowane jako:

- 131. Przemysł lekki
- 132. Przemysł ciężki
- 133. Przemysł wydobywczy
- 134. Obszary przemysłowe w budowie

Przemysł lekki obejmuje działalność związaną z montażem, konstrukcją wytwarzaniem, pakowaniem towarów. Na świecie koncentruje się zwykle w parkach przemysłowych, które mogą być zlokalizowane w pobliżu lotnisk, obszarów mieszkalnych miejskich lub wiejskich.

Przemysł ciężki, przetwórczy, wykorzystujący surowce naturalne obejmuje stalownie, huty, fabryki chemiczne, przemysł celulozowy, fabryki produkujące żywność. Przemysł ciężki można rozpoznać po dużej ilości zgromadzonego surowca, dużych powierzchniach przeznaczonych na odpady oraz gęstej sieci linii transportowych.

Przemysł wydobywczy - obszary na których dokonuje się wydobycia surowców naturalnych: kopalnie podziemne i odkrywkowe węgla kamiennego, brunatnego, rud metali i obszary eksploatacji innych surowców jak np. siarka, ropa i gaz oraz inne.

140. Zabudowa związana z transportem

Na poziomie II zaznacza się tylko główne elementy sieci transportowej takie jak lotniska, porty morskie, główne drogi. Bardziej szczegółowe wydzielenia są możliwe na poziomie III.

- 141. Lotniska łącznie z parkingami, hangarami, terminalami
- 142. Kolej łącznie z stacjami kolejowymi i zabudowaniami kolejowymi
- 143. Stacje autobusowe, zajezdnie autobusowe i ciężkiego transportu kołowego
- 144. Główne drogi i autostrady
- 145. Zabudowania portowe
- 146. Parkingi samochodowe (jeśli nie mają specjalnego zastosowania)

150. Infrastruktura techniczna

Na poziomie II ta kategoria jest trudno rozpoznawalna. Niektóre elementy infrastruktury są natomiast możliwe do wydzielenia na poziomie III.

- 151. Urządzenia związane z produkcją i transportem energii elektrycznej i gazu
- 152. Obiekty związane z siecią wodociagową
- 153. Obiekty związane z odprowadzaniem ścieków komunalnych
- 154. Wysypiska śmieci

Do kategorii 151 nie należą kopalnie (133) ani rafinerie (132).

160. Obiekty instytucjonalne

Poziom III

- 160. Obiekty związane z oświatą (szkoły podstawowe, średnie, wyższe)
- 161. Obiekty kultu religijnego
- 162. Obiekty związane z opieką zdrowotną
- 163. Zakłady poprawcze
- 164. Obiekty wojskowe
- 165. Obiekty rządowe, administracji państwowej
- 166. Cmentarze

Niektóre z obiektów tej grupy są łatwo identyfikowalne na zdjęciach lotniczych. Szkoły mogą być rozpoznawalne po sąsiadujących z nimi obiektach sportowych. Cmentarze po dużej ilości trawników i alejek bez obecności innych obiektów.

170. Obiekty związane z rekreacją

- 171. Pola golfowe
- 172. Parki i ogrody zoologiczne
- 173. Baseny, obiekty sportów wodnych
- 174. Stadiony, boiska sportowe, tory wyścigowe

180. Zabudowa o charakterze mieszanym

Przyjmuje się ten rodzaj kategorii przy klasyfikacji na poziomie II jeśli ze względu na skalę opracowywanej mapy nie da się przedstawić szczegółowych kategorii (110 do 170). Jeśli ponad 1/3 obszaru ma więcej niż jeden typ użytkowania zalicza się go do kategorii zabudowy o charakterze mieszanym. Jeśli obszary o mieszanym typie użytkowania zajmują poniżej 1/3 powierzchni klasyfikowanego obszaru przyjmuje się dominujący typ użytkowania.

190. Obszary „otwarte” przeznaczone pod zabudowę lub obiekty w budowie

Są to:

- 191. Obszary przeznaczone pod zabudowę
- 192. Obszary, na których rozpoczęto już budowę

Kategoria 190 została wydzielona ze względu na to, że trudno zaliczyć tego rodzaju tereny w obrębie zabudowy do kategorii 300 - obszary porośnięte naturalną roślinnością.

200. Obszar rolniczy

210. Uprawy i pastwiska

- 211. Uprawy o strukturze „rzędowej” - zboża
- 212. Uprawy o strukturze jednorodnej - koszone łąki, popłony - lucerna
- 213. Pastwiska

Rozpoznanie typu uprawy jest możliwe na podstawie wywiadu terenowego i utworzenia klucza interpretacyjnego dla potrzeb konkretnego wydzielenia. Wynika to z dużej zmienności roślin uprawnych w ciągu cyklu fenologicznego (od okresu siewów do żniw).

220. Sady, aleje, winnice, ogrody

- 221. Sady owoców cytrusowych
- 222. Sady owoców nie cytrusowych
- 223. Szkółki
- 224. Ogrody
- 225. Winnice

230. Obszary związane z hodowlą bydła (231), drobiu (232), trzody (233)

240. Inne rolnicze, obszary rolnicze nieaktywne (241) i inne (242)

300. Tereny porośnięte naturalną roślinnością

- 310. Roślinność trawiasta
- 320. Zakrzewienia
- 330. Roślinność mieszana

Mapę użytkowania terenu można sporządzić na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych. Wykorzystując swoje doświadczenie, czy istniejące klucze interpretacyjne interpretator

wydziela wizualnie poszczególne kategorie i nanosi wynik interpretacji na kalkę. Następnie wybiera obszary przeznaczone do weryfikacji terenowej. Dalszy etap polega na polowym sprawdzeniu poprawności przeprowadzonych wydzielen dla wybranych obszarów. Etap terenowej weryfikacji poszerza zakres wiedzy interpretatora na temat obszaru dla którego tworzone jest mapa użytkowania, a także sposobu odwzorowania się na zdjęciach roślinnego pokrycia, który w zasadniczym stopniu zależy od pory roku.

Mapę użytkowania terenu można wykonać również w sposób półautomatyczny dysponując cyfrową postacią zdjęcia lotniczego. Techniką powszechnie wykorzystywaną do kompilacji map pokrycia terenu na podstawie multitemporalnych zobrazowań satelitarnych jest klasyfikacja nadzorowana. Dla zdjęć lotniczych proponuje się wydzielenie w sposób automatycznych kategorii związanych z roślinnym pokryciem terenu (200, 300, 400, 500, 600, 700). Natomiast elementy antropogeniczne byłyby geometryzowane na ekranie ręcznie (100).

10.3.2 Klasyfikacja nadzorowana obrazu cyfrowego

Klasyfikacja nadzorowana jest metodą, za pomocą której można w sposób automatyczny przeprowadzić generalizację obrazu zgodnie z przyjętym przez użytkownika wzorcem. Użytkownik na podstawie własnego doświadczenia, czy istniejącej mapy zaznacza na obrazie pola testowe, co do których jest pewien, że należą do określonej kategorii użytkowania terenu. Wybrane pola testowe tworzą tak zwane wzorce klas, w oparciu o które komputer „uczy się” rozpoznawać poszczególne kategorie. Ostatnim etapem jest automatyczna klasyfikacja obrazu, czyli przyporządkowanie każdego piksela obrazu do odpowiedniej kategorii.

10.4 ĆWICZENIE - INTERPRETACJA ZDJĘĆ LOTNICZYCH DLA POTRZEB KOMPILACJI MAPY UŻYTKOWANIA TERENU

(praca w zespołach 2 osobowych)

Celem ćwiczenia jest sporządzenie mapy użytkowania terenu dla potrzeb Systemu Informacji Przestrzennej. W trakcie ćwiczenia są wydzielane kategorie użytkowania terenu (poziom II) i jest wykonywana kalka interpretacyjna. W celu określenia zmian w użytkowaniu terenu procedurę interpretacyjną przeprowadza się ponownie na zdjęciach archiwalnych.

Materiały:

1. Powiększenie barwnego zdjęcia lotniczego (wykonanego w ramach programu PHARE) okolic Sieradza ze skali 1 : 26 000 do 1 : 10 000
2. Mapa zasadnicza w skali 1:10 000

Komentarz: Przewiduje się pracę w dwóch etapach:

- I. Interpretacja przeprowadzana jest klasycznie na zdjęciach w postaci analogowej.*
- II. Wydzielenia prowadzone są na podstawie wizualnej interpretacji zdjęcia w postaci cyfrowej. Kategorie są wektoryzowane na monitorze komputera (IDRISI).*

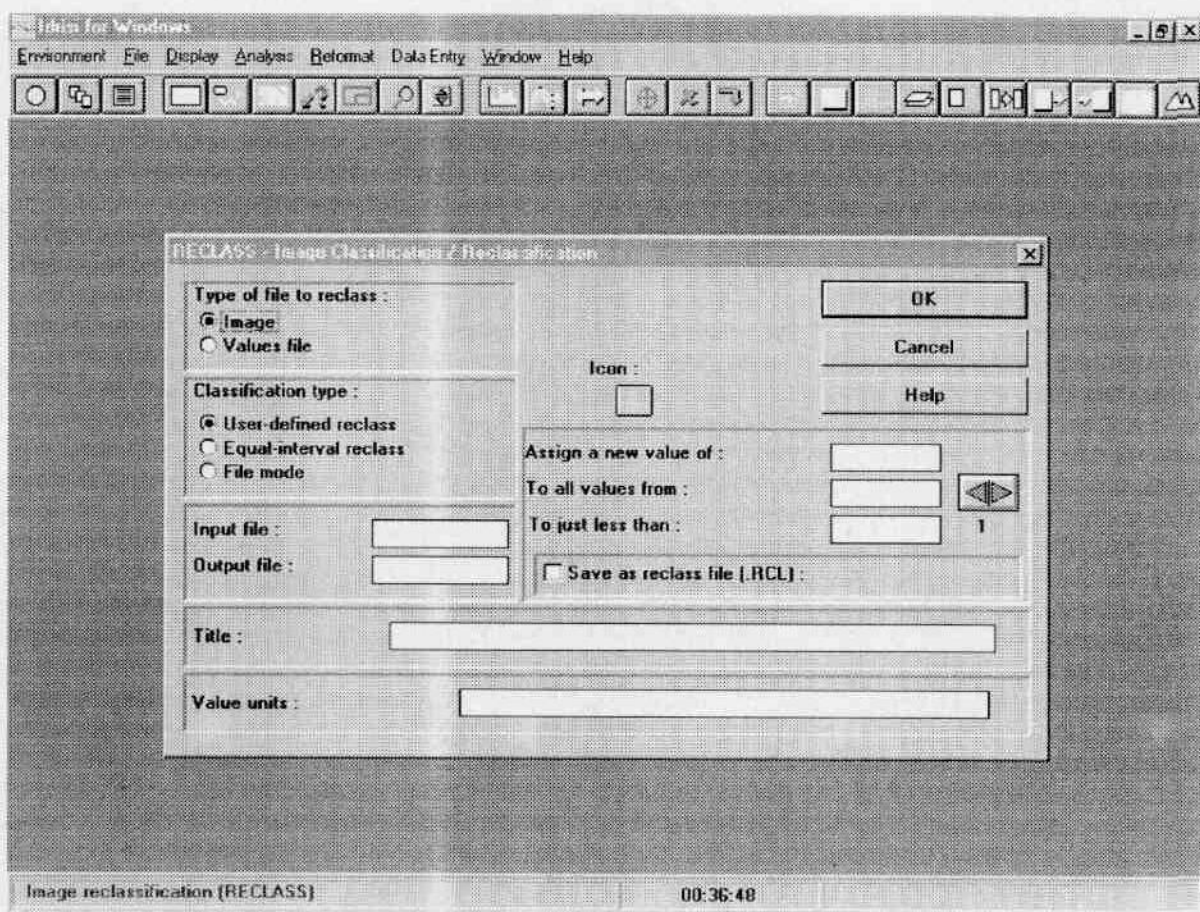
Warsztaty:

Dyskusja na temat stopnia szczegółowości przeprowadzonych wydzielen. Próba wniesienia wybranych elementów na mapę. Projekt rozwoju miasta przy założeniu dwukrotnego wzrostu ludności miasta.

Tabela 2

Kategoria	rok 199 (zdj. PHARE) data: skala:
110	
120	
130	
140	
150	
170	
180	
190	
Σ100	
210	
220	
230	
240	
Σ200	
310	
320	
330	
Σ300	
410	
420	
430	
440	
450	
Σ400	
510	
520	
530	
540	
550	
Σ500	
610	
620	
Σ600	
700	

10.5 OPIS PODSTAWOWYCH PROCEDUR IDRISI



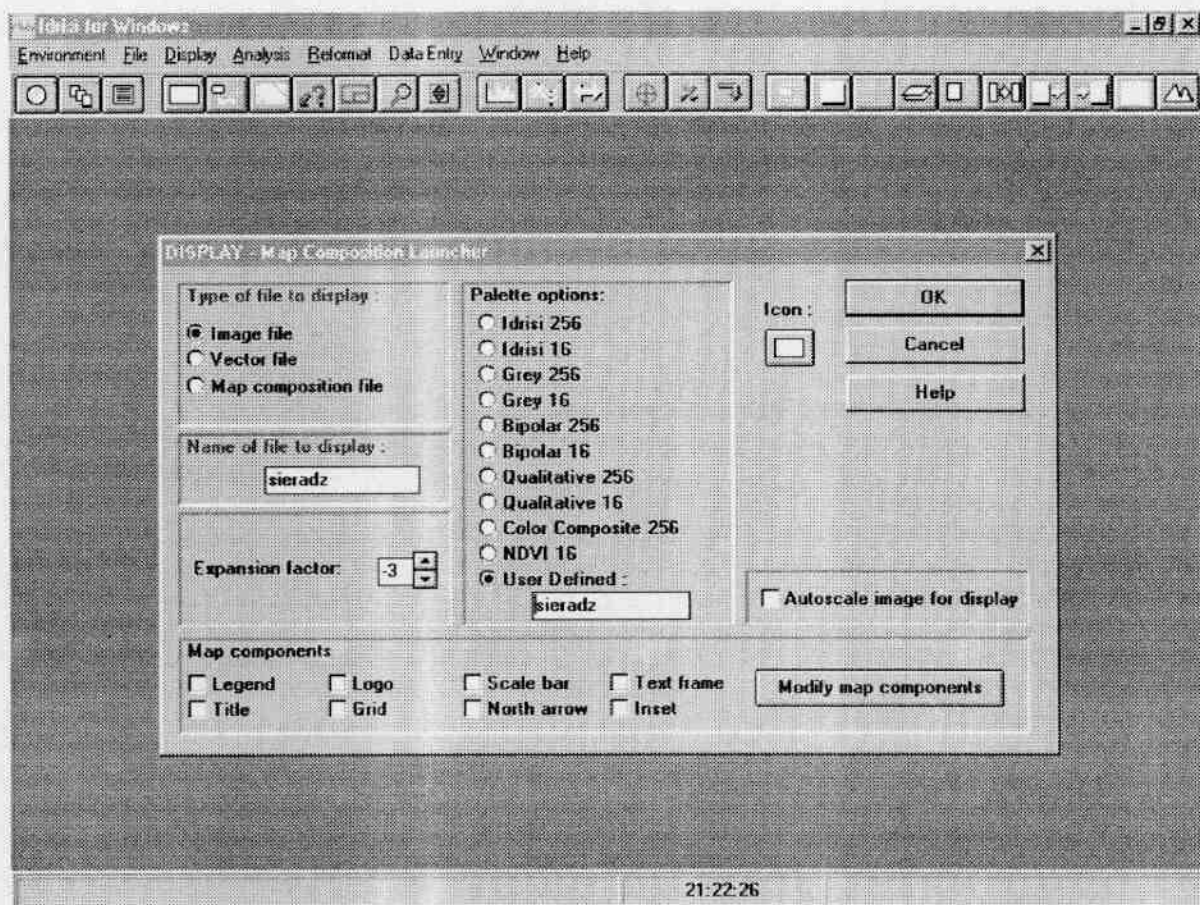
Rys. 1.

1. **Change working directory (ENVIRON)** - środowisko pracy - między innymi ścieżka dostępu do danych
2. **List the files in the working directory (LIST)** - listowanie zawartości katalogu danych
3. **Describe the contents of a file (DESCRIBE)** - wyświetlenie zawartości pliku dokumentacyjnego
4. **Launch a new Map Window (DISPLAY)** - moduł wyświetlania obrazu
5. **Symbol workshop** - symbolika robocza
6. **Palette workshop** - paleta robocza
7. **Cursor inquiry mode (DISPLAY)** - tryb kontroli współrzędnych obrazu dla danego położenia kursora
8. **Window display region (DISPLAY)** - okno
9. **Zoom (DISPLAY)** - lupa
10. **Toggle scrollbars (DISPLAY)** -
11. **Image histogram (HISTO)** - tworzy histogram wartości obrazu
12. **Three-dimensional orthographic display (ORTHO)** - tworzy trójwymiarowy rysunek powierzchni z możliwością drapowania na nim innego obrazu
13. **Image contrast stretch (STRETCH)** - umożliwia zmianę kontrastu obrazu metodami: liniową, liniową z obcięciem na brzegach oraz równoliczności przedziałów
14. **On screen digitizing** - digitalizacja ekranowa
15. **Delete digitizing feature** - usuwanie ostatniej, zdigitalizowanej cechy

16. **Save digitized data to a disk file** - zapisanie zbioru wektorowego na dysku
17. **Edit/create ASCII text data file (EDIT)** - tworzenie i edycja zbiorów wartości
18. **Database workshop** - zarządzanie bazą danych
19. **Image reclassification (reclass)** - przeklasyfikowuje wartości pikseli w obrazie
20. **Image overlay (OVERLAY)** - proste algebraiczne operacje na obrazach (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, potęgowanie, minimum, maksimum, nakładanie)
21. **Scalar image modification (SCALAR)** - mnożenie obrazu przez liczbę (dzielenie, odejmowanie, odejmowanie, potęgowanie)
22. **Image attribute transformation (TRANSFOR)** - transformacja obrazu według różnych funkcji matematycznych
23. **Assign values file data to an image (ASSIGN)** - tworzy nowy obraz na podstawie zbioru wartości atrybutów przez przypisanie nowych wartości odpowiednim pikselom należącym do zdefiniowanego obszaru
24. **Extract statistical summary for a set of features (EXTRACT)** - tworzy zbiór wartości (values file) dla obrazu przez ekstrakcję parametrów charakteryzujących dane wewnątrz zdefiniowanego obszaru. Parametry (minimum, maksimum, zasięg, suma, średnia i odchylenie standardowe) mogą być wyprowadzone w postaci tabelarycznej.
25. **Calculate image distance surface (DISTANCE)** - oblicza odległość każdego piksela od najbliższego należącego do zdefiniowanego obszaru
26. **Surface analysis (SURFACE)** - tworzy mapy nachylenia i kierunków ekspozycji stoku oraz mapy zacielenia

10.6 PROCEDURA KLASYFIKACJI NADZOROWANEJ

10.6.1 Wyświetlenie obrazu do klasyfikacji (rys.2)



Rys. 2. Wyświetlenie obrazu: *sieradz* w paletcie: *sieradz*

Oglądając obraz do klasyfikacji należy zaplanować, zgodnie ze zleceniem, ilość wydzielanych klas przydzielając im poszczególne identyfikatory np.:

Tabela 3

<i>identyfikator</i>	<i>nr kategorii</i>	<i>opis</i>
1	400	las
2	211	pola uprawne
3	212,213	użytki zielone

Korzystając z własnego doświadczenia lub istniejącej mapy należy wybrać na obrazie obszary co do których interpretator jest pewien, że mają określony typ użytkowania. W dalszym etapie należy zwektoryzować wybrane obszary na ekranie

10.6.2 Wybór pól treningowych (rys.6)

Pola treningowe wybiera się poprzez obwodzenie kursorem obszarów o znanym pokryciu terenu po wybraniu z paska ikon ikony:



Rys. 3.

Następnie należy utworzyć zbiór (*vector file*) o nazwie np. *pola-tr*, wybrać odpowiedni typ zbioru (*polygon*) i wprowadzić identyfikator zgodnie z tabelą 3, np. dla lasu : 1 (por. rys.6).

Pojawi się kursor, który należy przesunąć myszą do punktu początkowego pola testowego dla klasy: las i przycisnąć lewy klawisz myszy. Następnie należy przesunąć kursor do następnego punktu tworzonego poligonu i znów przycisnąć lewy klawisz myszy (na ekranie powstanie tworzona linia). Podczas digitalizacji należy zwracać uwagę na to, żeby zaznaczany obszar był homogeniczny, czyli żeby poligon w całości był zawarty w tym przypadku w obszarze leśnym (należy unikać linii brzegowej pomiędzy lasem a innym typem użytkowania). Należy kontynuować digitalizację aż do punktu zamykającego poligon, w pobliżu tego punktu należy nacisnąć prawy klawisz myszy. Jeśli popełniliśmy błąd podczas obwodzenia kursorem rezygnujemy z tego pola testowego naciskając ikonę:



Rys. 4.

i w ten sposób usunąć ostatnio zaznaczone pole.

Jeśli dobrze obwiedliśmy pole testowe możemy albo przystąpić do wyboru następnych pól testowych tej samej kategorii (lasu - przyjmując identyfikator: 1) lub już innej, przyjmując identyfikator zgodnie a tabelą 3.

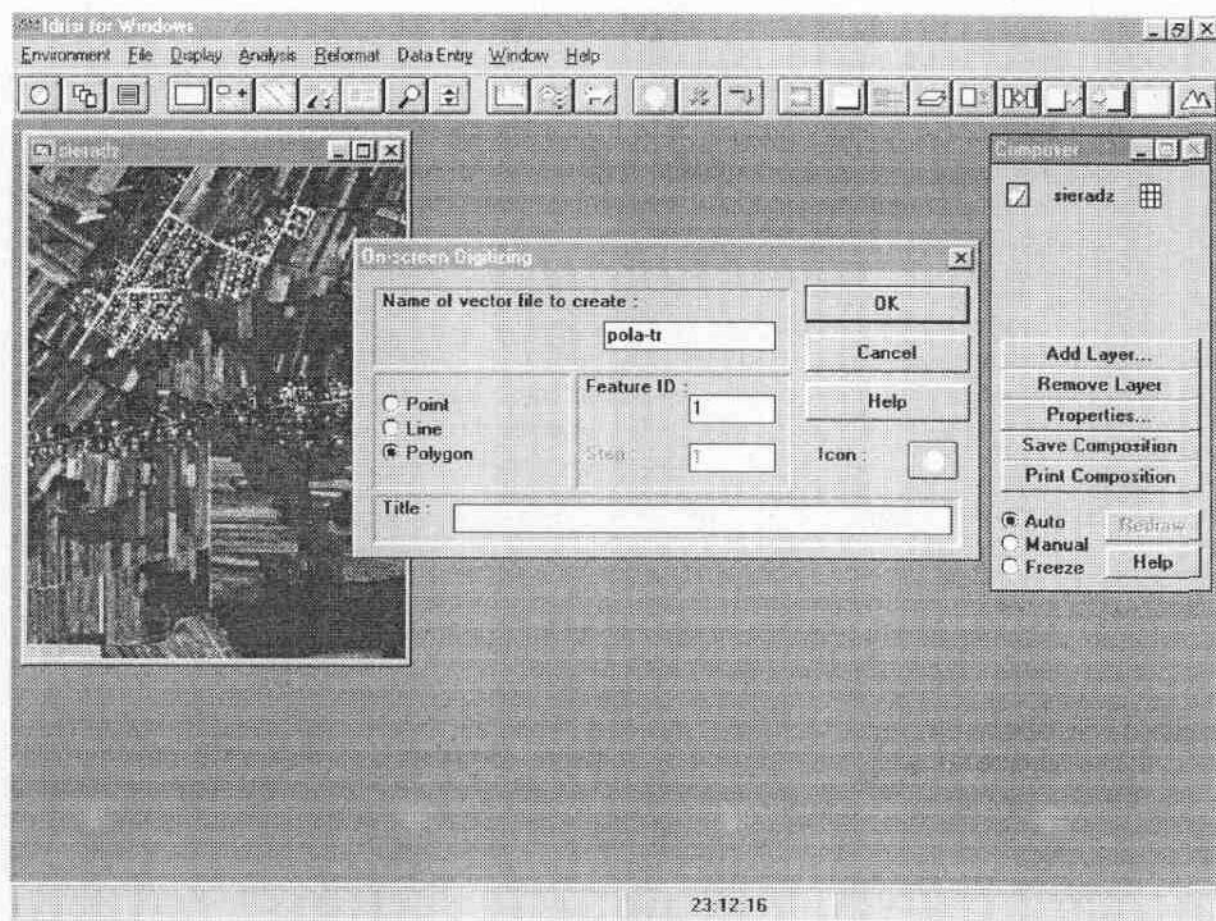
Na koniec należy nacisnąć ikonę:



Rys. 5.

w celu zapisania wektora pól testowych.

Po zapisaniu wektora pól testowych można przystąpić do następnego etapu, tzn. stworzenia i analizy sygnatur poszczególnych klas. Sygnatury zawierają statystyczne informacje na temat wartości odbicia dla wzorców klas.



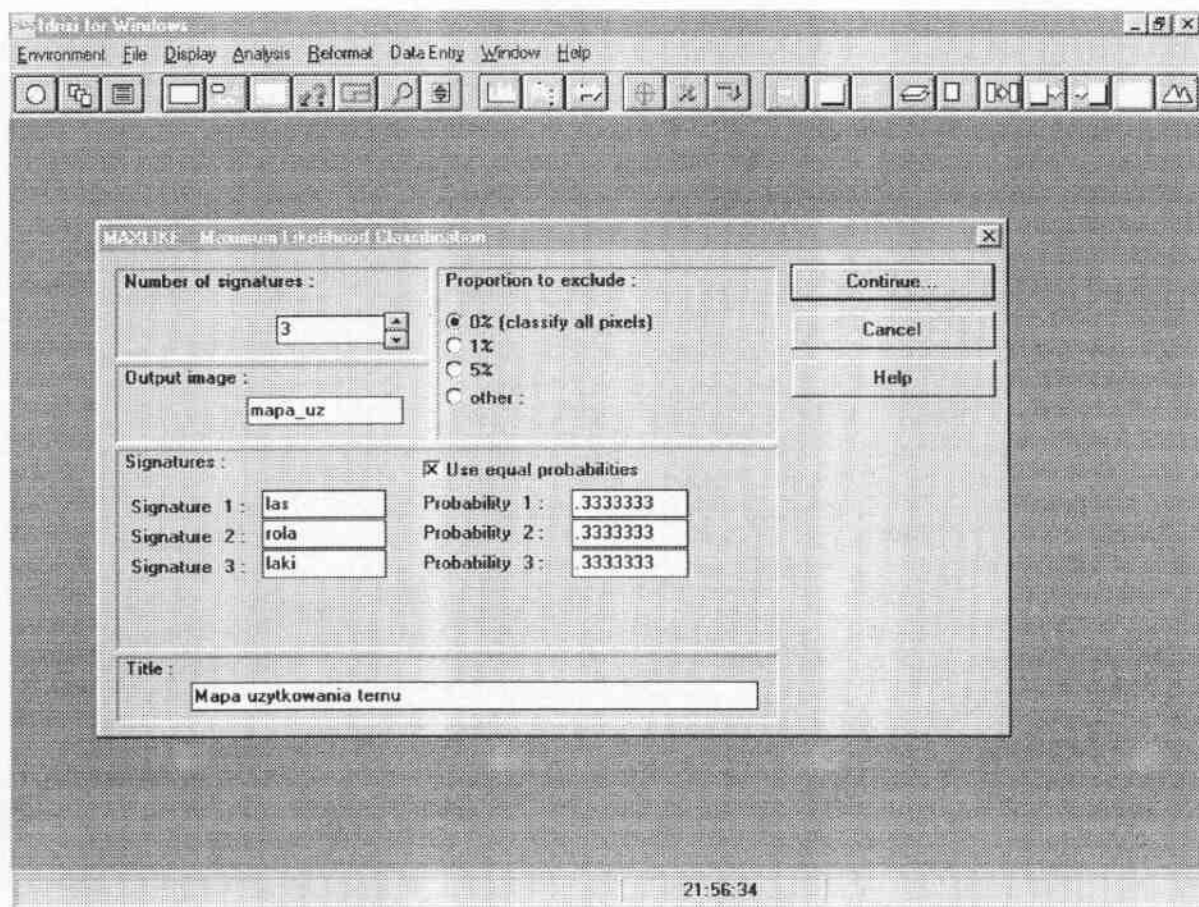
Rys. 6. Wybór pól treningowych - digitalizacja ekranowa

10.6.3 Zestawienie i analiza wzorców klas

Do zestawienia wzorców klas, czyli obliczenia parametrów statystycznych poszczególnych kategorii służy opcja - *Analysis - Image Processing - MAKESIG* (rys.7). Należy wybrać *vector* jako *trainnig site file type* i wpisać: *pola-tr*. Wskazać, że będzie analizowany jeden obraz i wpisać jego nazwę: *sieradz*, potem wybrać *Continue* i wprowadzić nazwy kategorii (do 8 znaków) np. las, pola, laki.

Następnie wybrać *LIST* z *File* menu i sprawdzić, czy powstały wszystkie sygnatury, jeśli nie - należy powtórzyć procedurę *MAKESIG*.

Analizę statystyk sygnatur można przeprowadzić za pomocą opcji *EDITSIG* z *Analysis - Image Processing*. Za pomocą tej procedury można obejrzeć histogram wybranej klasy oraz zmieniać jej parametry statystyczne. Należy zwrócić uwagę na rozkład histogramu i ilość pików. Jeśli w histogramie znajduje się więcej niż jeden pik może to oznaczać, że wzorec klas zawiera więcej niż jedną kategorię. Po zaakceptowaniu postaci sygnatur poszczególnych klas można przystąpić do najważniejszej części, czyli klasyfikacji obrazu.



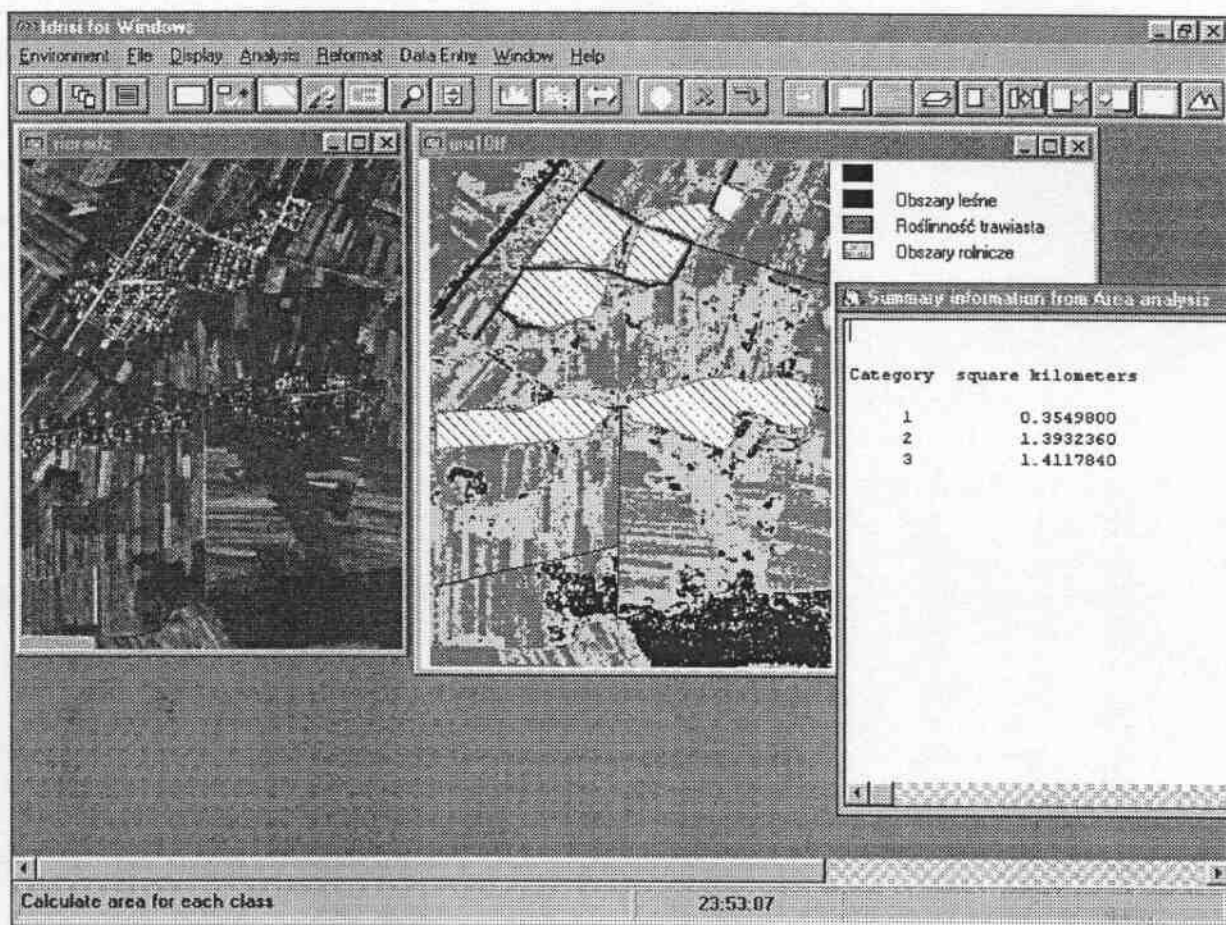
Rys. 8. Klasyfikacja nadzorowana metoda największego prawdopodobieństwa (MAXLIKE)

10.6.5 Analiza wyniku klasyfikacji

Obraz po klasyfikacji wymaga zwykle dalszej obróbki w celu poprawienia jego jakości, a w szczególności usunięcia „zagubionych” pikseli. Poprawienie jakości takiego obrazu jest możliwe wykorzystując różnego rodzaju techniki filtracyjne: *FILTER Analysis - Image Processing* (filtry uśredniające: np.: MEDIAN).

Mapy użytkowania terenu mogą być poddane innego rodzaju analizom, które dotyczą np. automatycznego określenia powierzchni poszczególnych kategorii użytkowania. Do tego celu służy moduł AREA, *Analysis/Dataase Query*.

Ostatnim etapem opracowania jest przygotowanie mapy użytkowania do wydruku (nadanie skali, legendy itp.) - *Map Composition*.



Rys. 9. Przykładowa mapa użytkowania terenu utworzona metodą klasyfikacji nadzorowanej i wektoryzacji ekranowej (okolice WODGK – Sieradz)

10.7 BIBLIOGRAFIA

1. Avery T. E., M. - „*Interpretation of Aerial Photographs*” - Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, 1977.
2. Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., - „*Interpretacja zdjęć lotniczych*” - PWN, Warszawa 1986.
3. Kurczyński Z., Zdjęcia lotnicze dla obszaru Polski realizowane w ramach programu modernizacji krajowego systemu informacji o terenie” - Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 6, Kraków 1997.
4. Colwell R.N., „*Manual of Remote Sensing*” - American Society of Photogrammetry, Printed in US of America, The Sheridan Press 1983.
5. Sabins F., F., Jr - „*Remote Sensing - Principles and Interpretation*” - W.H. Freeman and Company, New York, 1987.
6. Sitek Z., 1997 - „*Wprowadzenie do teledetekcji lotniczej i satelitarnej*” - Wydawnictwa AGH ISSN 0239-6114, Kraków, 1997.
7. Sitek Z., - „*Komercyjne obrazy satelitarne Ziemi i GIS w fotogrametrii cyfrowej*” - Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 6, Kraków 1997.

11. WERYFIKACJA TERENOWA ROZPOZNANIA KAMERALNEGO ZDJĘĆ ORAZ POMIAR UZUPEŁNIAJĄCY ZA POMOCĄ TECHNIKI GPS

Andrzej Wróbel, Dariusz Dzionek

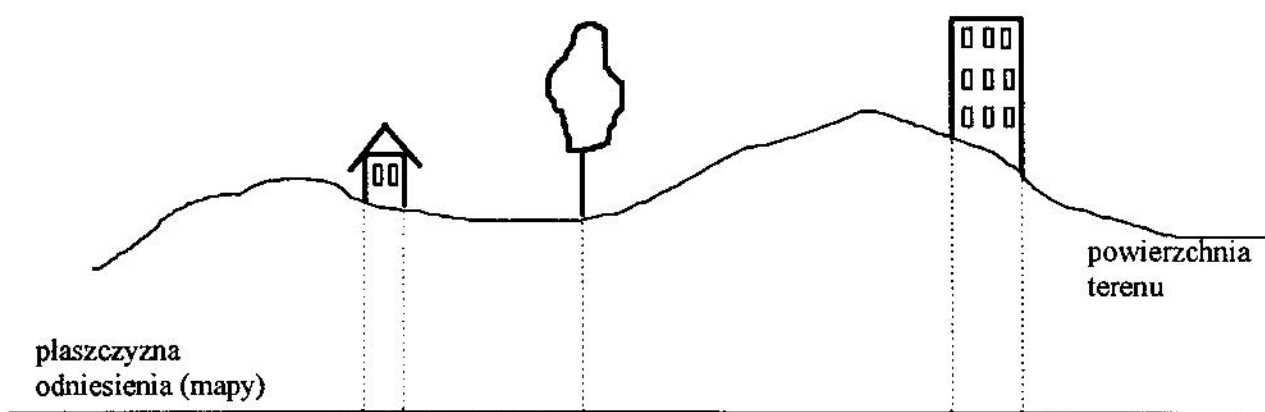
11.1 MAPA JAKO OBRAZ TERENU

11.1.1 Historia

Sztuka i sporządzanie map są uprawiane co najmniej tak długo jak długo istnieje pismo. Prawdopodobnie najstarszą z zachowanych i znanych obecnie map jest gliniana tablica przedstawiająca różne obiekty geograficzne w Mezopotamii, której wiek określany jest na około 5 000 lat. W czasach Arystotelesa w IV wieku p.n.e. przyjęto teorię o kulistości ziemi. W II wieku p.n.e. powstał system określania pozycji na podstawie długości i szerokości geograficznej oparty na podziale koła na 360°. Gwałtowne rozwinięcie się kartografii związane jest kolejno z wynalezieniem druku i jego dalszym rozwojem technik drukarskich, aż po druk kolorowy. Najważniejszymi czynnikami powodującymi rozwój współczesnej kartografii są: wynalezienie aparatu fotograficznego i rozwój lotnictwa będące podstawą rozwoju fotogrametrii.

11.1.2 Definicja mapy

Termin „mapa” pochodzi od łac. słowa „mappa”, które oznacza zmniejszone uogólnione przedstawienie na płaszczyźnie całości lub fragmentu powierzchni Ziemi.



Rys. 1. Rzut ortogonalny terenu na płaszczyznę odniesienia (stanie się mapą po pomniejszeniu)

Mapa jest obrazem rzutu ortogonalnego terenu na wybraną płaszczyznę odniesienia.

Mapę określają poniższe cechy:

- 1) matematycznie określona konstrukcja - istnieje ścisła zależność między współrzędnymi geograficznymi punktów powierzchni Ziemi, a współrzędnymi prostokątnymi tych punktów na płaszczyźnie. Przejście od fizycznej powierzchni Ziemi do jej przedstawienia na płaszczyźnie polega na rzutowaniu fizycznej powierzchni na matematyczną powierzchnię Ziemi - elipsoidę obrotową, następnie przedstawienie powierzchni elipsoidy na płaszczyźnie za pomocą odwzorowań kartograficznych.

- 2) zastosowanie specjalnych systemów znaków kartograficznych - specjalnych symboli graficznych przedstawiających zjawiska i ich cechy. Zastosowanie znaków pozwala na:
 - bardzo duże zmniejszenie obrazu powierzchni Ziemi z jednoczesnym odtworzeniem tych obiektów, które w wyniku zmniejszenia nie dają się przedstawić w skali mapy,
 - pokazanie na mapie powierzchni Ziemi,
 - pokazanie wewnętrznych cech, podstawowych właściwości przedmiotów (np. dno morskie),
 - pokazanie rozprzestrzeniania się zjawisk (np. anomalie siły ciężkości), czy zależności niedostrzegalnych zmysłowo,
 - pomijanie nieistotnych szczegółów, uwydatnianie istotnych właściwości.
- 3) wybór i uogólnienie przedstawionych zjawisk - generalizacja kartograficzna, polegająca na usuwaniu drugorzędnych obiektów terenowych oraz podkreślanie charakterystycznych właściwości obszaru w miarę zmniejszania się skali mapy.

11.1.3 Podział map

Ze względu na treść dzielimy mapy na:

- 1) ogólnogeograficzne;
- 2) gospodarcze
 - mapa zasadnicza *skale:* 1:500 1:1 000 1:2 000 1:5 000
 - mapa ewidencji gruntów *skale:* 1:1 000 1:2 000 1:5 000
 - mapa do celów projektowych *skale:* 1:250 1:500 1:1 000 1:5 000
- 3) topograficzne *skale* 1:10 000 - 1:100 000
- 4) przeglądowo topograficzne *skale* 1:100 000 - 1:1 000 000
- 5) przeglądowe *skale* mniejsze od 1:1 000 000 (zwykle 1:5 mln)
 - fizyczne *z przewagą elementów fizyczno-geograficznych*
 - polityczne *z przewagą elementów społeczno-ekonomicznych*
- 6) specjalne - podają charakterystykę jednego zjawiska pojawiającego się na powierzchni Ziemi, dzielą się ogólnie na przyrodnicze, społeczno-ekonomiczne i techniczne (lotnicze, morskie ...).

Ze względu na przeznaczenie dzielimy mapy na: komunikacyjne, wojskowe, turystyczne, samochodowe, szkolne itp.

Mapy topograficzne i przeglądowo topograficzne w zależności od skali podzielono na:

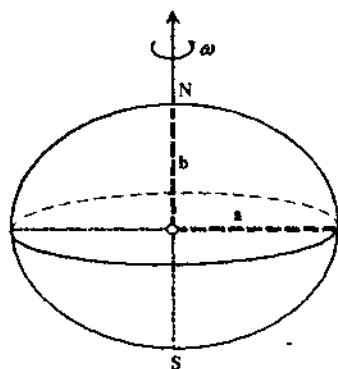
- wielkoskalowe: 1:2 000 1:5 000 1:10 000
- średnioskalowe: 1:25 000 1:50 000 1:100 000
- małoskalowe: 1:200 000 1:500 000 1:1 000 000

11.1.4 Układy współrzędnych

11.1.4.1 Określenie geoidy i elipsoidy obrotowej

Obserwowana przez nas powierzchnia Ziemi to powierzchnia fizyczna. Jeśli idealnie gładką powierzchnię morza przeciągniemy pod kontynentami, wtedy otrzymamy powierzchnię hydrostatyczną - **geoidę**. Powierzchnia taka wykazuje nierównomierności przebiegu spowodowaną nierównomiernością rozkładu mas we wnętrzu Ziemi.

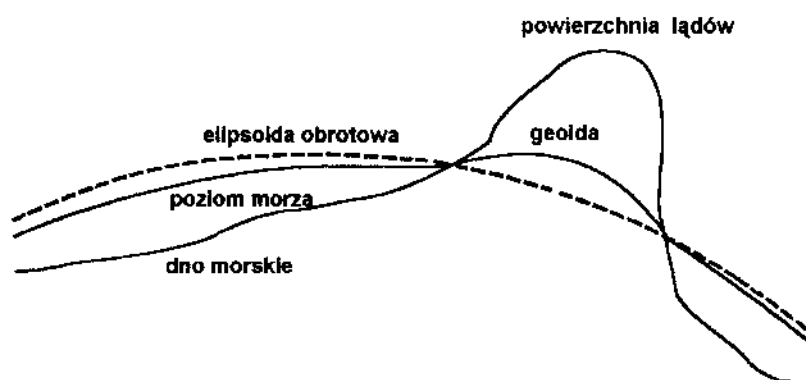
Ziemia posiada kulisty kształt. Dokładne pomiary powierzchni Ziemi wykazały, że nie jest ona regularną kulą, lecz ma kształt podobny do kuli spłaszczonej na biegunach. Figurą najbardziej zbliżoną do globu ziemskiego jest **elipsoida obrotowa**, tzn. bryła powstająca w trakcie obrotu elipsy dookoła małej osi. Elipsoida obrotowa jest bryłą jednoznacznie matematycznie określającą powierzchnię Ziemi i w najbardziej przybliżony sposób oddającą kształt Ziemi.



a, b - półosie elipsoidy

Rys. 2. Elipsoida obrotowa - figura matematyczna najbardziej zbliżona do Ziemi

Przebiegi wzajemne powierzchni geoidy i elipsoidy obrotowej różnią się między sobą. W strefie lądów elipsoida przebiega nieco poniżej geoidy, a w strefie mórz powyżej powierzchni geoidy (odchylenia nie przekraczają 100 m).



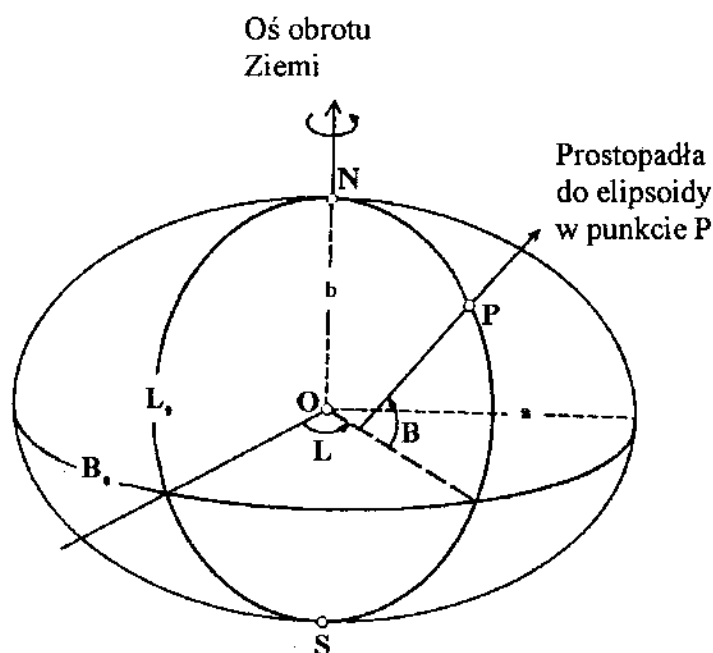
Rys. 3. Przebieg: fizycznej powierzchni Ziemi, geoidy, elipsoidy obrotowej

11.1.4.2 Układ współrzędnych geodezyjnych B, L

Współrzędne geodezyjne odnosimy do powierzchni elipsoidy obrotowej. Definiowane są one tak samo jak stosowane w kartografii współrzędne geograficzne. Szerokość geodezyjna B jest to kąt jaki tworzy prostopadła do elipsoidy w punkcie P z płaszczyzną równika geodezyjnego. Równik geodezyjny jest kołem powstającym w wyniku przecięcia elipsoidy obrotowej płaszczyzną, do której oś obrotu jest prostopadła i przechodzi przez środek elipsoidy.

Długość geodezyjna natomiast jest to kąt dwuścienny pomiędzy płaszczyzną południka początkowego i płaszczyzną południka zawierającego punkt P.

Układ współrzędnych geodezyjnych stosowany jest do pomiarów odległości i określania pozycji na mapach drobnoskalowych począwszy od map topograficznych w skali 1 : 10 000, 1 : 25 000 poprzez 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000 itp.



Rys. 4. Układ sferycznych współrzędnych geodezyjnych

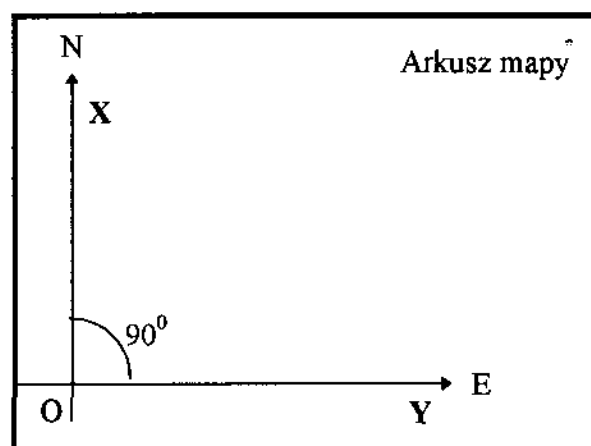
11.1.4.3 Układ współrzędnych prostokątnych płaskich X,Y

Geodezyjny układ współrzędnych prostokątnych płaskich X, Y wyznaczają na płaszczyźnie dwie wzajemnie prostopadłe osie. Wartości na osiach wyznaczone są w metrach. Wartości współrzędnych dla osi Y wzrastają w kierunku wschodnim, a dla osi X w kierunku północnym.

Uwaga oznaczenie osi jest odwrotne w stosunku do układu matematycznego.

Formuły geometrii płaskiej obowiązujące dla układ współrzędnych prostokątnych płaskich są znacznie prostsze od reguł geometrycznych obowiązujących dla układu współrzędnych geodezyjnych sferycznych.

Współrzędne prostokątne płaskie stosowane są na mapach wielkoskalowych. Typowe skale map dla których układ jest stosowany to skale 1 : 500, 1 : 1 000, 1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000 i 1 : 100 000.

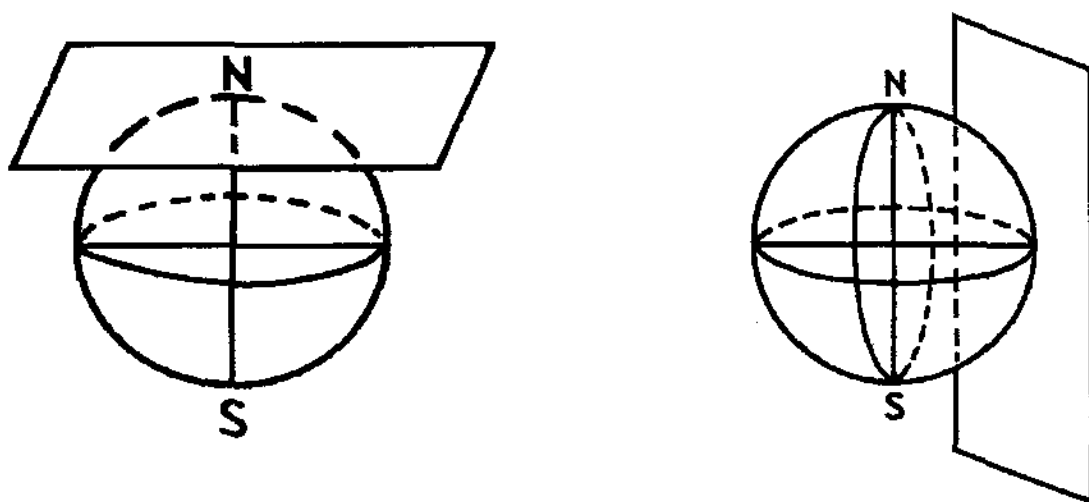


Rys. 5. Układ współrzędnych prostokątnych płaskich stosowany w geodezji

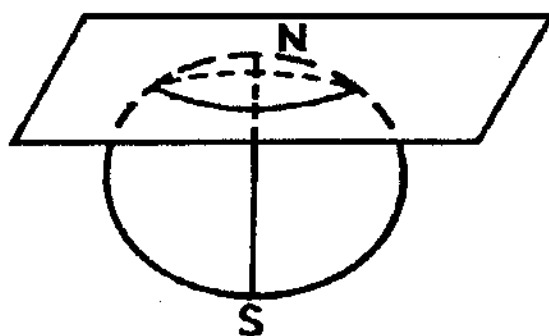
11.1.5 Odwzorowania

W pierwszym etapie opracowywania mapy szczegóły na powierzchni Ziemi rzutowane są na powierzchnię odniesienia. Niestety powierzchnia elipsoidy obrotowej nie jest rozwijalna, a zatem nie może być przedstawiona w prosty sposób na płaszczyźnie mapy. Aby pokazać położenie rzutu poszczególnych szczegółów na powierzchni elipsoidy rzutujemy je na powierzchnię rozwijalną np. walec, stożek lub płaszczyznę. Proces przejścia z powierzchni odniesienia (elipsoidy obrotowej) na powierzchnię rozwijalną, przy użyciu metod matematycznych uwzględniających kulistość Ziemi, nazywa się odwzorowaniem kartograficznym. Polega ono na przeliczeniu współrzędnych geodezyjnych B i L na współrzędne prostokątne płaskie X i Y .

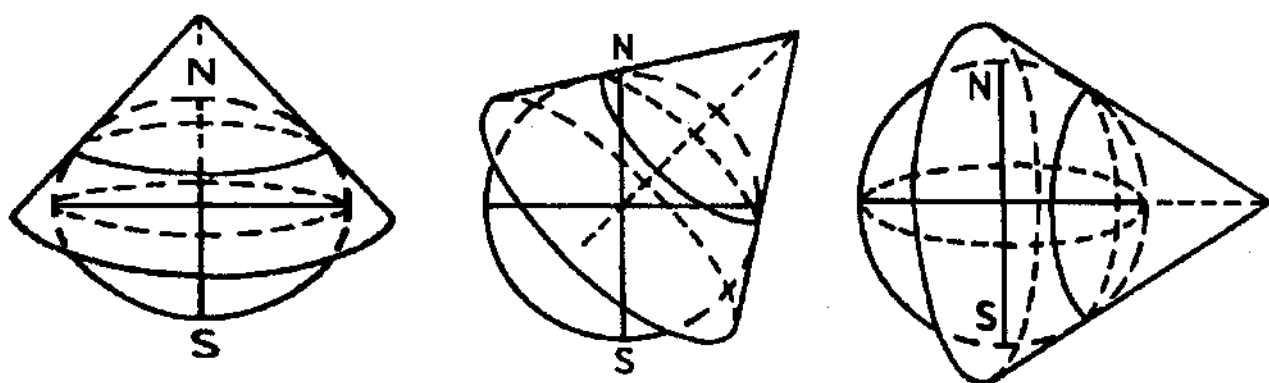
Stosuje się wiele różnorodnych odwzorowań. Na rys. 6 przedstawiono przykłady niektórych z nich.



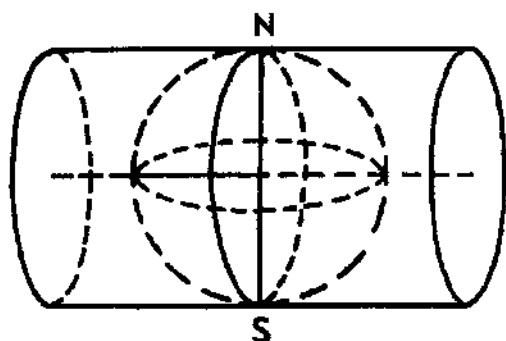
a) Rzutowanie na płaszczyznę styczną do elipsoidy



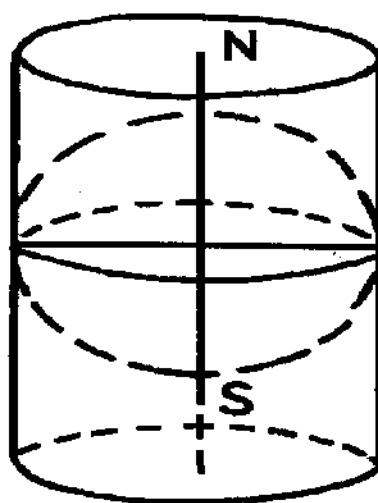
b) Rzutowanie na płaszczyznę sieczną w stosunku do elipsoidy



c) rzutowanie na powierzchnię stożka stycznego do elipsoidy



d) Rzutowanie na powierzchnię walca stycznego do elipsoidy obrotowej



e) Rzutowanie na powierzchnię walca stycznego równoleżnikowo do elipsoidy

Rys. 6. Niektóre rodzaje odwzorowań stosowane przy opracowywaniu map

11.1.6 Dokładność mapy

Dokładność obrazu przedstawionego na mapie określają instrukcje wydane przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii. Dla map gospodarczych (zasadnicze, ewidencyjne i do celów projektowych) błąd rysunku nie powinien przekroczyć 0.3 mm w skali mapy. Mapy topograficzne posiadają dokładność 0.5 mm w skali mapy dla skal 1 : 5 000 i 1 : 10 000 oraz 0.7 mm dla skali 1 : 25 000 i mniejszej. Dla przykładu błąd położenia szczegółu w terenie dla mapy w skali 1 : 500 nie powinien być większy niż 0.15 m, w skali 1 : 2 000 niż 0.6 m, a w skali 1 : 25 000 maksymalny błąd wynosi 18.75 m.

11.2 POMIAR UZUPEŁNIAJĄCY

Obraz terenu przedstawiony na mapie może być niepełny. Na mapie kreskowej przyczyną jest przeważnie jej nieaktualność. Ortofotomapa, ze względu na szybki proces jej produkcji może być znacznie bardziej aktualna od mapy powstającej metodą tradycyjną. Ale ze względu na zawsze istniejący pewien odstęp czasu pomiędzy wykonaniem zdjęć, a momentem w którym korzystamy z ortofotomapy, istnieje możliwość pewnej jej dezaktualizacji. Na zdjęciu lotniczym, a co za tym idzie również na ortofotomapie pewne elementy sytuacji mogą być niewidoczne z powodu zasłonięcia ich przez wyższe obiekty np. drzewa.

Aby obraz na mapie w pełni odpowiadał sytuacji w terenie należy przeprowadzić pomiar uzupełniający. Pomiar taki mogą wykonać jedynie uprawnione do tego służby geodezyjne (Ustawa z dnia 17 maja 1989 - „Prawo geodezyjne i kartograficzne” oraz Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 5 listopada 1990 w sprawie określenia rodzajów materiałów stanowiących państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny, sposobu i trybu ich gromadzenia i wyłączenia z zasobu oraz udostępniania zasobu).

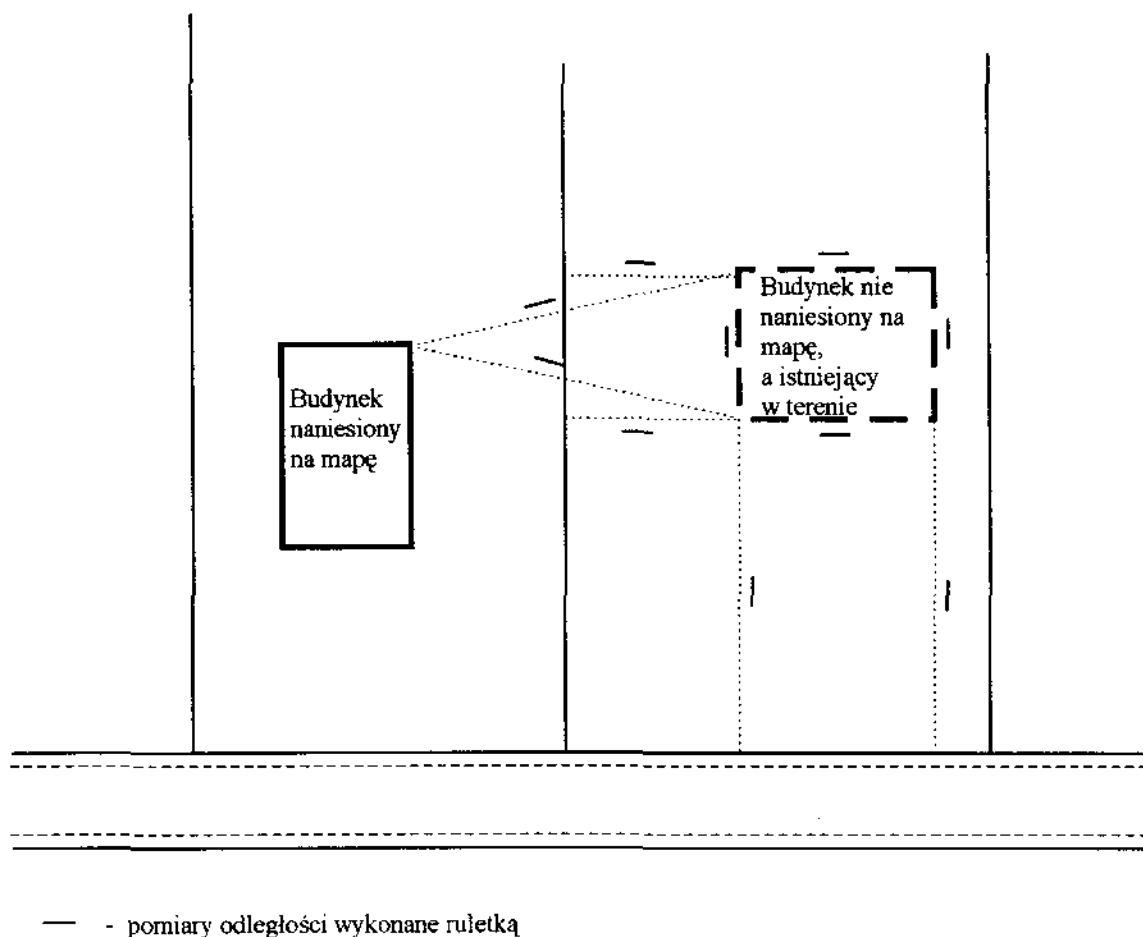
Sposób przeprowadzenia pomiaru uzupełniającego określony jest w wytycznych technicznych G-4.2 i K-1.6 opracowanych przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii. Zgodnie z tymi instrukcjami pomiar uzupełniający należy wykonać w taki sposób, aby średni błąd położenia szczegółów terenowych pierwszej grupy dokładnościowej (budynki, elementy uzbrojenia terenu, ogrodzenia trwałe, punkty graniczne itp.) względem najbliższego punktu poziomej osnowy geodezyjnej i fotogrametrycznej nie przekraczał ± 0.3 mm w skali mapy, a dla pozostałych szczegółów ± 0.6 mm w skali mapy. Sytuacyjny pomiar uzupełniający należy wykonać w oparciu o punkty:

1. osnowy geodezyjnej i fotogrametrycznej oraz punkty osnowy pomiarowej,
2. szczegóły terenowe będące elementami treści mapy zasadniczej wyraźnie i ostro odfotografowane oraz zidentyfikowane w terenie,
3. szczegóły lub przedmioty terenowe nie stanowiące elementów treści mapy, a wyraźnie i ostro odfotografowane oraz zidentyfikowane w terenie.

Zidentyfikowane punkty służące jako oparcie do pomiaru szczegółów terenowych muszą spełniać następujące warunki:

1. błąd identyfikacji w terenie nie może być większy od $\frac{M}{100}$ [cm] gdzie M - mianownik skali mapy (dla mapy w skali 1 : 10 000 wynosi to 100 cm czyli 1 m).
2. błąd identyfikacji na ortofotomapie nie może być większy od 0.1 mm (dla skali 1 : 10 000 wynosi to w terenie 1.0 m)

W niektórych przypadkach (dla przybliżonych lub szkicowych opracowań) użytkownik w swoim zakresie może dokonać uproszczonego pomiaru uzupełniającego. Pomiar taki wykonać można m. in. poprzez domiary liniowe np. ruletką do zlokalizowanych na mapie elementów sytuacji (rys. 6). Identyfikacja tych elementów musi być jednoznaczna, a ilość domiarów powinna być większa od minimalnej koniecznej do jednoznacznego wyznaczenia obiektu, aby możliwe było skontrolowanie poprawności pomiaru. Na rys. 7 przedstawiono przykład takiego pomiaru.



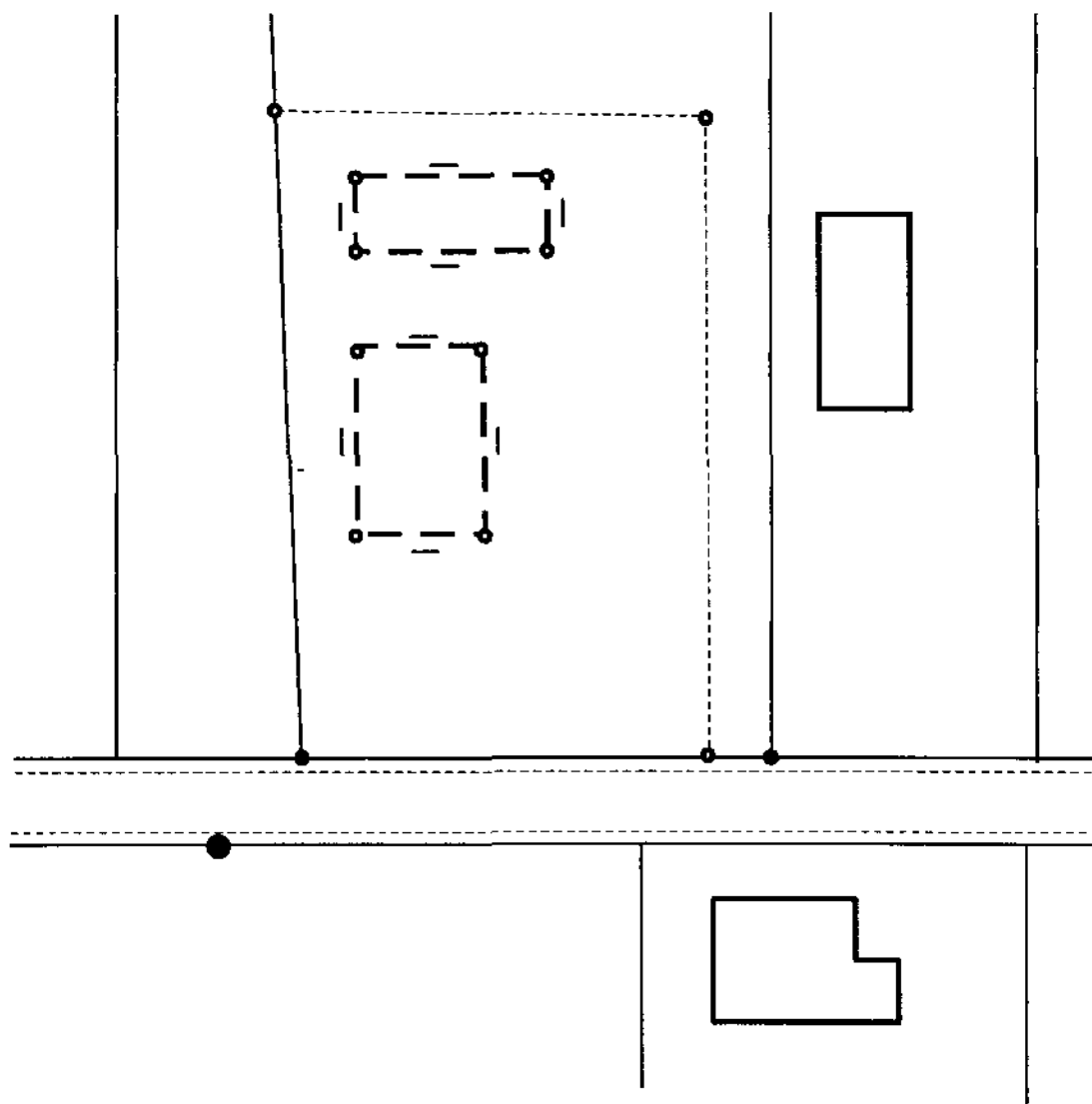
Rys. 7. Przykład określenia położenia budynku za pomocą pomiarów liniowych

Druga metoda polega na wykorzystaniu do pomiaru odbiorników GPS. Metoda GPS umożliwia wyznaczenie współrzędnych tych punktów na których ustawiony zostanie odbiornik. Określenie w ten sposób położenia w terenie punktów charakterystycznych mierzonych obiektów umożliwia następnie naniesienie ich na uzupełnianą mapę. Przykładowy pomiar przedstawiono na rys. 8.

11.2.1 Ogólna zasada działania GPS

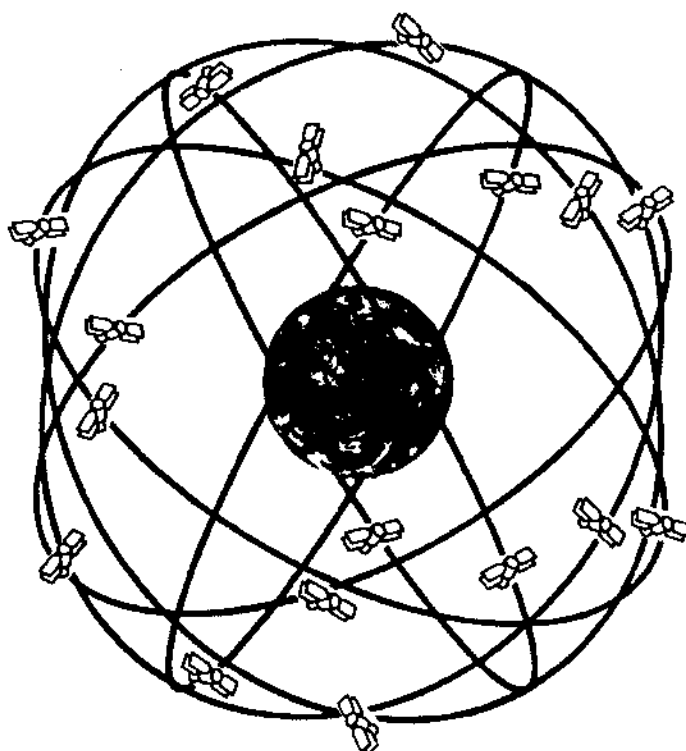
Globalny system wyznaczania pozycji (*Global Position System* - GPS) służy do określania położenia punktu na podstawie pomiarów sygnałów nadawanych przez satelity. System ten utworzony został przez Departament Obrony USA. Pierwotnie miał służyć do dokładnej nawigacji w amerykańskiej marynarce i lotnictwie. Szybko został jednak udostępniony służbom cywilnym. Od połowy roku 1994 system działa już w pełni. Składa się on z trzech części zwanych w literaturze segmentami.

Segment kosmiczny to 24 satelity umieszczone na sześciu prawie kołowych orbitach o kącie nachylenia do płaszczyzny równika równym 55° (rys 9). Wysokość orbity nad powierzchnią ziemi wynosi około 20 200 km, natomiast okres obiegu wokół Ziemi około 12 godzin.



- - punkty których położenie ma być wyznaczone za pomocą pomiaru GPS
- - zidentyfikowane na mapie szczegóły terenowe wykorzystane jako punkty kontrolne pomiaru GPS
- - zidentyfikowany na mapie szczegół terenowy wykorzystany jako punkt dostosowania pomiarów GPS
- - kontrolne pomiary odległości (wykonane np. ruletką)
- — — Budynek nie naniesiony jeszcze na mapę, a istniejący w terenie
- Budynek naniesiony na mapę
- Linia graniczna istniejąca w terenie, a nie naniesiona jeszcze na mapę

Rys. 8. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w czasie pomiarów uzupełniających z wykorzystaniem GPS



Rys. 9. Satelity tworzące system GPS

Drugą ważną część systemu stanowi segment kontroli. Składa się on z pięciu naziemnych stacji śledzących, podstawowej w Colorado Springs (USA), a pozostałych na wyspach: Ascension na południowym Atlantyku, Hawaje, Diego Garcia na Oceanie Indyjskim i Kwajalein na zachodnim Pacyfiku. Na podstawie ciągłych obserwacji satelitów oblicza się na bieżąco parametry ich orbit oraz poprawki do zegarów satelity. Dane te przez stację podstawową przekazywane są kilka razy na dobę do pamięci komputerów pokładowych na satelitach.

Trzecia część systemu to użytkownicy GPS. Są to zarówno służby wojskowe jak i różne organizacje cywilne oraz użytkownicy indywidualni. W zależności od stosowanej aparatury oraz metody pomiaru można otrzymać położenie punktu z dokładnością od kilkudziesięciu metrów do kilku milimetrów.

11.2.2 Szczegółowy opis działania systemu

11.2.2.1 Sygnały emitowane przez satelity

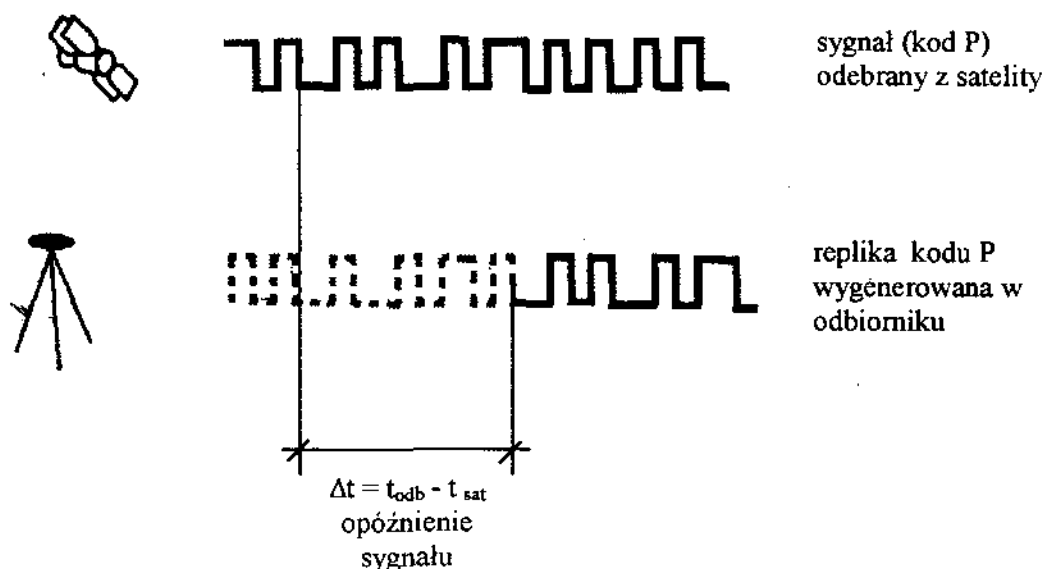
Satelity w czasie swojego ruchu po orbicie emitują sygnały na dwóch częstotliwościach: 1575.42 MHz (~ 19 cm) i 1227.60 MHz (~ 24 cm). Sygnały te modulowane są dodatkowo pseudolosowymi kodami binarnymi (0 lub 1): C/A o częstotliwości 1.023 MHz oraz kodem P o częstotliwości 10.23 MHz. Częstotliwość 1575.42 MHz oznaczana L1 modulowana jest zarówno kodem C/A jak i kodem P. Częstotliwość 1227.60 MHz modulowana jest jedynie kodem P. Wysyłanie tych sygnałów sterowane jest superdokładnym zegarem atomowym umieszczonym na satelicie. Dodatkowo satelita przesyła tzw. depeczę w której podane są różne parametry i informacje dotyczące zarówno samego satelity jak i jego orbity oraz poprawki związane z wpływem jonosfery na przesyłany sygnał.

Odbiornik sygnału GPS składa się z anteny, modułu przetwarzania sygnału, modułu

operatora umożliwiającego komunikację z odbiornikiem oraz modułu zasilania. Wewnątrz odbiornika znajduje się zegar kwarcowy, który generuje sygnał identyczny jak satelita. Porównanie sygnału generowanego przez odbiornik z sygnałem odbieranym od satelity, służy do określenia czasu przebiegu sygnału, a zatem do określenia odległości od satelity. Stosowane są różne metody pomiaru czasu przebiegu sygnału, dające różne dokładności określenia położenia odbiornika..

Metoda najprostsza (tzw. pomiar bezwzględny) polega na wyznaczeniu położenia pojedynczego odbiornika za pomocą pomiaru tzw. pseudoodległości do co najmniej czterech satelitów. Dokładność uzyskanych wyników zależy od tego czy do pomiaru wykorzystuje się kod C/A czy P.

Najtańsze odbiorniki tzw. nawigacyjne wykonują pomiar częstotliwości L1 modulowanej kodem C/A. Zasada pomiaru przedstawiona została na rys.10. Wyszukuje się identyczne fragmenty w kodzie C/A odbieranym od satelity i w kodzie replikowanym w odbiorniku. Określając opóźnienie sygnału odbieranego od satelity w stosunku do kodu replikowanego w odbiorniku otrzymuje się czas przebiegu sygnału, a zatem można wyznaczyć odległość od satelity. Ze względów ekonomicznych w odbiornikach stosuje się zegary kwarcowe znacznie mniej dokładne od stosowanych w satelitach zegarów atomowych. Aby spowodowany tym błąd pomiaru odległości nie był zbyt duży wyznacza się poprawkę do zegara odbiornika. Podstawą do wyznaczenia poprawki jest porównanie odległości od co najmniej czterech satelitów (odległości od trzech satelitów umożliwiają jednoznaczne wyznaczenie położenia punktu pomiaru natomiast dodanie czwartej odległości umożliwia wyznaczenie błędu położenia i jego usunięcie przez wprowadzenie poprawki do zegara odbiornika). Aparatura służąca do pomiarów omówioną metodą jest stosunkowo prosta, a zatem i dość tania. Niestety błąd wyznaczenia położenia odbiornika jest duży i wynosi ok. 100 m. Metoda ta stosowana jest często w nawigacji.



Rys. 10. Zasada pomiarów pseudoodległości przez określenie opóźnienia kodu P

Pomiar opóźnienia sygnału można również wykonać wykorzystując modulację fali nośnej L1 kodem P (rys 10). Pozwala to osiągnąć dokładność wyznaczenia położenia odbiornika 10-30 m. Jeżeli stosujemy tylko jeden odbiornik nie można już bardziej zwiększyć dokładności określenia położenia punktu pomiarowego.

Jednym z podstawowych problemów w pomiarach bezwzględnych są zaburzenia sygnałów satelity celowo wprowadzane przez Departament Obrony USA. Polegają one na zamianie ogólnodostępnego kodu P na tajny kod Y, zmniejszaniu dokładności parametrów orbit satelitów oraz na wprowadzaniu zniekształceń (tzw. drgań) w czasie podawanym przez zegar atomowy satelity. Celem tych działań jest zmniejszenie dokładności pomiarów dokonywanych przez wszystkich użytkowników GPS, poza znającymi wartości zniekształceń służbami wojskowymi USA. Znaczący wpływ ma również dokładność określenia opóźnienia sygnału przez porównanie kodów P lub C/A. Dodatkowo sygnał w drodze od satelity do odbiornika podlega wpływom jonosfery i atmosfery ziemskiej zmieniającym czas jego przebiegu.

Wyraźne podwyższenie dokładności pomiarów osiągnąć można stosując równoczesny pomiar conajmniej dwoma odbiornikami ustawionymi w różnych punktach. Jest to tak zwana metoda różnicowa. Sygnał docierający z satelity do kilku odbiorników umieszczonych w niewielkich odległościach od siebie (do kilkudziesięciu kilometrów) jest obciążony prawie identycznymi zniekształceniami. Blisko siebie znajdujące się odbiorniki wykonują z reguły pomiar do tych samych satelitów. Oba te fakty powodują, że wyznaczone w równoczesnym pomiarze współrzędne stanowisk odbiorników obciążone są takimi samymi błędami. Przy obliczeniu różnic współrzędnych punktów pomiarowych uzyskamy więc zniesienie się większości błędów i znaczne podniesienie dokładności w stosunku do pomiaru jedynie za pomocą jednego odbiornika. Aby uzyskać dokładne współrzędne bezwzględne, a nie tylko różnice współrzędnych, conajmniej jeden z biorących udział w równoczesnym pomiarze odbiorników powinien znajdować się na punkcie o znanych współrzędnych. Taka metoda pomiaru nosi nazwę różnicowej.

Dalsze podniesienie dokładności można osiągnąć wykonując pomiar obydwu fal nośnych - L1 i L2. Umożliwia to bardzo znaczne zmniejszenie wpływu zniekształceń jonosferycznych.

Stosując omówioną powyżej metodę różnicową z pomiarem opóźnienia kodu P (czyli pomiar pseudoodległości) można osiągnąć dokładności wyznaczenia położenia odbiorników w granicach od 0.1 m do kilku m w zależności od sposobu korekcji błędów.

Zamiast pomiarów opóźnienia kodu (C/A lub P) stosuje się pomiar przesunięcia fazowego fali nośnej co daje zwiększenie dokładności określenia odległości od satelity do odbiornika.

Pomiar fazowy polega na zamianie odbieranych od satelity modulowanych fali nośnych z powrotem na fale niemodulowane, a następnie pomiar przesunięcia fazy tych fal. Otrzymany wynik daje jakby końcówkę mierzonej odległości - część długości fali (19 lub 24 cm) natomiast nieznana jest całkowita wielokrotność długości fali mieszcząca się w wartości odległości od satelity. W uproszczeniu wyznaczenie tej wielokrotności polega na wyznaczeniu przybliżonej odległości od satelity za pomocą opisanych uprzednio pomiarów pseudoodległości i porównywaniu odległości od kilku satelitów.

Połączenie metody fazowej pomiaru oraz równoczesnych obserwacji kilkoma odbiornikami, a także zaawansowanych metod obliczeń powoduje iż dokładność wyznaczenia położenia punktu wynosi od kilku do kilkunastu milimetrów.

Pomiar odbiornikami nawigacyjnymi (dokładność położenia punktu pomiarowego rzędu kilkudziesięciu metrów) jest szybki. Podniesienie dokładności powoduje przedłużenie czasu pomiaru. Odbiornik musi analizować wyniki pomiaru w dłuższym okresie czasu.

W zależności od typu stosowanych odbiorników pomiary GPS można wykonywać metodą statyczną, kinematyczną lub kombinacją obu tych metod. W metodzie statycznej kilka odbiorników wykonuje pomiar na kilku stanowiskach równocześnie. Pomiar trwa z reguły od kilkudziesięciu minut do godziny. W metodzie kinematycznej jeden odbiornik na stałe jest umieszczony na punkcie odniesienia, natomiast pozostałe odbiorniki przemieszczają się po innych punktach, z reguły zatrzymując się na kilka minut na każdym z nich, przy czym w za-

leżności od stosowanej procedury obserwacji i obliczeń jest lub nie jest wymagana ciągła obserwacja satelitów w czasie przemieszczania odbiornika pomiędzy stanowiskami.

Pewną odmianą pomiarów kinematycznych są różnicowe pomiary GPS (w skrócie od angielskiej nazwy *Differential GPS* - DGPS). Jest to metoda określenia w czasie rzeczywistym położenia ruchomego odbiornika w stosunku do innego odbiornika zwanego stacją bazową, umieszczonego na punkcie o znanych współrzędnych. W metodzie tej wymagana jest ciągła łączność radiowa pomiędzy ruchomym odbiornikiem, a stacją bazową. Stacja bazowa prowadzi ciągle obserwacje, a ponieważ jest umieszczona na punkcie o znanych współrzędnych może wyznaczać poprawki do wyników opartych na obserwacjach satelitarnych. Uzyskane poprawki i inne dane pomiarowe są na bieżąco transmitowane przez radio do odbiornika ruchomego i w związku z tym może on w czasie rzeczywistym wyznaczać dość dokładnie swoje położenie.

Jeżeli obydwa odbiorniki wykonują pomiary kodowe to można osiągnąć dokładność ok. 1m przy odległościach pomiędzy odbiornikami do 50 km. Jeżeli odległość jest większa (do ok. 200 km.) to błąd wyznaczenia pozycji powiększa się o około 1m na 100 km. Przy zastosowaniu pomiarów fazowych metoda DGPS może dać dokładność do ok. 0.1 - 0.15 m przy odległości odbiornika ruchomego w stosunku do stacji bazowej do 30 km.

W przypadku niemożności wyznaczenia położenia odbiornika w czasie rzeczywistym (tzn. korzystając z bezpośredniej łączności radiowej) współrzędne pomierzonych punktów określa się przeprowadzając obliczenia po zakończeniu pomiarów, na podstawie zarejestrowanych danych z odbiornika i stacji bazowej.

11.2.3 Układ współrzędnych GPS

Położenie punktu pomierzonego za pomocą GPS wyznaczone jest w układzie współrzędnych wspólnym dla wszystkich satelitów. Jest to kartezjański układ X, Y, Z o nazwie WGS 84 z początkiem w środku masy Ziemi. Współrzędne te muszą być przetransformowane, najpierw do układu elipsoidy odniesienia stosowanej w danym kraju, a następnie do układu związanego z odwzorowaniem w jakim sporządzane są mapy (w Polsce układy „65”, „42”, „92”, ...).

11.3 ZAGADNIENIE OSNOWY DLA OPRACOWANIA ZDJĘĆ FOTOGRAMETRYCZNYCH

Opracowanie na podstawie zdjęć lotniczych map oraz ortofotomap wymaga posiadania na zdjęciu punktów odniesienia o znanych współrzędnych. Noszą one nazwę osnowy fotogrametrycznej. Z reguły na jednym stereogramie powinno znajdować się od czterech do sześciu takich punktów.

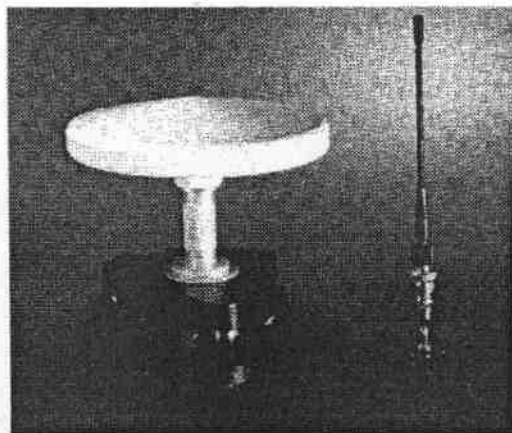
Są różne drogi uzyskania osnowy fotogrametrycznej. Z reguły przed wykonaniem zdjęć planuje się rozmieszczenie punktów osnowy i w specjalny sposób sygnalizuje je w terenie (np. krzyże malowane na arkuszach papy) przed wykonaniem zdjęć. Po wykonaniu zdjęć można wówczas łatwo zidentyfikować punkty osnowy na zdjęciach. Równocześnie wykonuje się pomiar geodezyjny w celu określenia współrzędnych tych punktów. Ponieważ sygnalizacja i pomiar terenowy dużej ilości punktów jest pracochłonny i wymaga dużych nakładów finansowych, opracowano metody kameralnego wyznaczania współrzędnych terenowych punktów nakłuwanych na zdjęciach, a nie sygnalizowanych uprzednio w terenie. Wymagana jest wówczas terenowa sygnalizacja tylko niektórych punktów osnowy stanowiących odniesienie przy kameralnych obliczeniach.

Bywa, że wykonywane są zdjęcia bez uprzedniej sygnalizacji osnowy w terenie. Jeżeli wykorzystane one będą później do opracowania mapy należy wybrać szczegóły terenowe jako punkty dostosowania. Zgodnie z wytycznymi technicznymi G-1.8, wydanymi przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii, fotopunktem naturalnym powinien być szczegół sytuacyjny wyraźnie odfotografowany oraz jednoznacznie identyfikowalny na zdjęciu, dla którego błąd

identyfikacji w terenie zapewnia wymogi dokładności opracowania (np. dla map w skali 1 : 10 000 dokładność wyznaczenia osnowy wynosi 0.60 m).



Odbiornik DGPS jednoczęstotliwościowy
Możliwy pomiar kodowy i fazowy

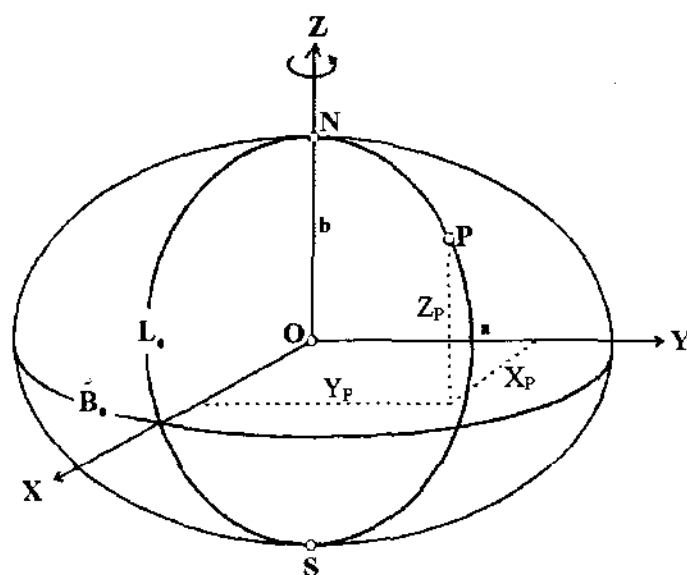


Antena „geodezyjnego” (o wysokiej dokładności pomiaru) odbiornika GPS



Pomiar „geodezyjnym” odbiornikiem GPS w czasie rzeczywistym

Rys. 11. Przykłady odbiorników GPS



O - początek układu - środek mas Ziemi

Rys. 12 Układ współrzędnych WGS 84

11.4 PRZEBIEG ZAJĘĆ

1) T2. Dzień 3

- Zajęcia terenowe - Weryfikacja kameralnego rozpoznania treści zdjęć.
- Zajęcia warsztatowe - Wykonanie zdjęć stereoskopowych aparatem fotograficznym.
- Wykład:

Mapa jako obraz terenu, układy współrzędnych, odwzorowania. Aktualizacja i uzupełnienie treści map (ortofotomap) - zasady i sposób wykonania

GPS - zasady działania i pomiaru

Określanie położenia punktów osnowy fotogrametrycznej

- Zajęcia warsztatowe - Wykonanie prostego pomiaru uzupełniającego z ewentualnym wykorzystaniem GPS, wniesienie wyników pomiaru na ortofotomapę.

2) T2. Dzień 4

- Zajęcia terenowe - terenowa weryfikacja zidentyfikowanych na zdjęciach szczegółów.

Szczegółowy opis przebiegu zajęć terenowych

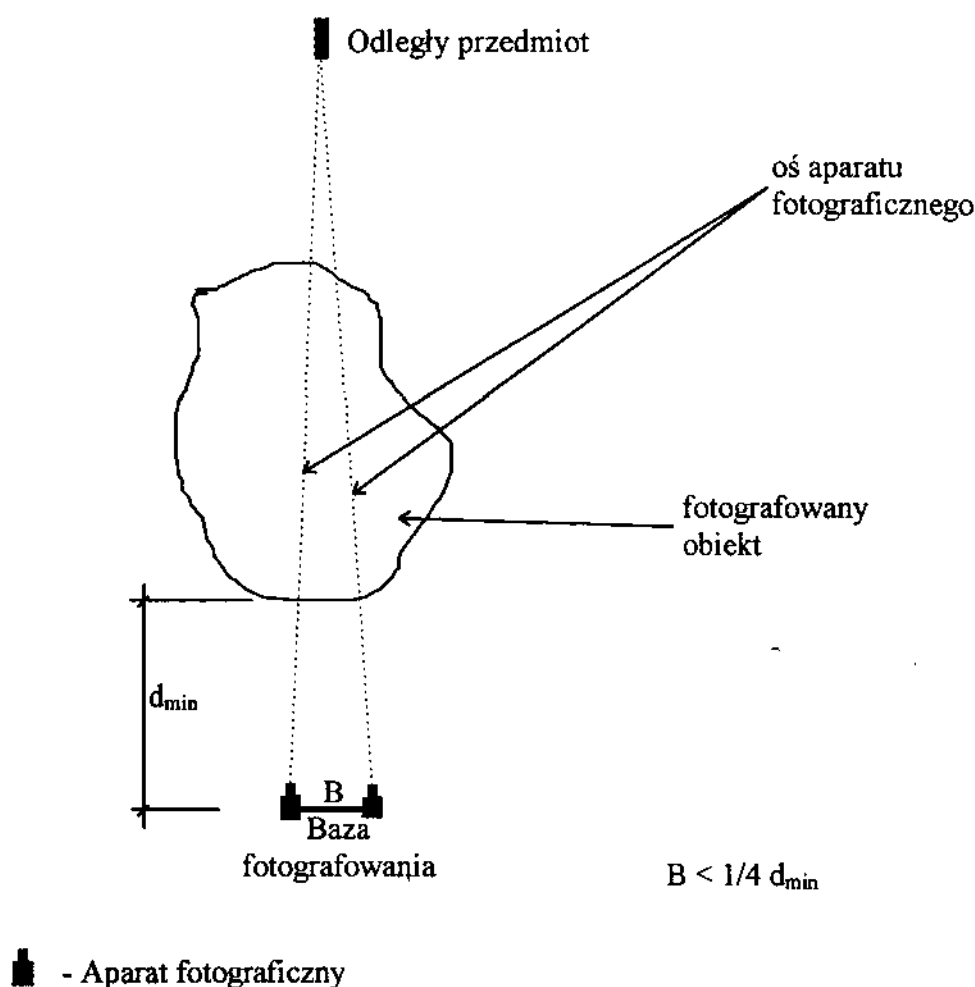
Weryfikacja kameralnego rozpoznania treści zdjęć

Zajęcia są kontynuacją tematu „Fotointerpretacja fotograficznych zdjęć lotniczych i wniesienie wyników na mapę” z drugiego tygodnia. Uczestnicy kursu dokonywali wówczas kameralnego rozpoznania stanu użytkowania terenu na podstawie zdjęć lotniczych okolic Sie-

radza. W czasie zajęć terenowych mają za zadanie dokonanie terenowej weryfikacji otrzymanego wówczas wyniku. Kameralne rozpoznanie treści zdjęć prowadzone było w dwuosobowych zespołach. W zespołach o takim samym składzie uczestnicy kursu wyruszają w teren. Na kalce nałożonej na zdjęcie lotnicze zaznaczają rzeczywisty stan zagospodarowania terenu. Następnie sporządzają, również na kalce, porównanie kameralnego rozpoznania ze stanem rzeczywistym. W raporcie sporządzonym po odbyciu zajęć określają na jakiej części opracowywanego obszaru dokonali prawidłowego rozpoznania, na jakiej rozpoznanie było błędne, a na jakiej stan w terenie uległ zmianie w porównaniu z momentem wykonania zdjęć. Starają się również ocenić przyczyny błędnego rozpoznania.

Wykonanie zdjęć stereoskopowych aparatem fotograficznym

Dla uzyskania obrazu przestrzennego ukształtowania terenu wykorzystuje się stereoskopowe zdjęcia lotnicze. Ukształtowanie przestrzenne terenu można również przedstawić za pomocą stereoskopowych zdjęć naziemnych. W tym celu z dwóch końców ustalonej w terenie bazy wykonuje się zdjęcia o osiach kamer prawie równoległych do siebie. Najlepszy efekt stereoskopowy uzyskuje się gdy osie kamer są prostopadłe do bazy. W fotogrametrii naziemnej wykorzystuje się do tego celu specjalne kamery dające wysokiej jakości zdjęcia oraz posiadające urządzenia ułatwiające ich prawidłową orientację.



Rys. 13. Wykonanie zdjęć stereoskopowych zwykłym aparatem fotograficznym

Stereoskopową parę zdjęć można również wykonać zwykłym aparatem fotograficznym. Podstawowym zadaniem do rozwiązania jest wówczas orientacja aparatu. Jego osie w czasie fotografowania na obu końcach bazy muszą być przynajmniej w przybliżeniu równoległe do siebie. Sposób wykonania stereoskopowej pary zdjęć przedstawiono na rys. 13.

Rozpocząć należy od wybrania obiektu który będzie fotografowany i kierunku fotografowania. Następnie określamy długość bazy. Powinna ona być krótsza niż 1/4 odległości do najbliższego rejonu fotografowanego obiektu. Najkorzystniej jest jeżeli baza wynosi od 1/20 do 1/10 odległości od obiektu. Stając z aparatem najpierw na jednym końcu bazy, a następnie na drugim wykonujemy zdjęcia. Prostopadłość osi aparatu do bazy, a równocześnie równoległość do siebie osi na obu stanowiskach możemy osiągnąć w następujący sposób:

1. Wybieramy odległy przedmiot który będzie stanowił punkt orientacyjny. Powinien on się znajdować w przybliżeniu na symetralnej bazy fotografowania po przeciwnej stronie fotografowanego obiektu niż baza.
2. Celujemy aparatem na wybrany punkt orientacyjny zwracając uwagę na to aby cały wybrany do fotografowania obiekt znajdował się w polu widzenia obiektywu i wykonujemy zdjęcie.
3. Przechodzimy z aparatem na drugi koniec bazy i wykonujemy drugie zdjęcie celując aparatem na daleki punkt orientacyjny tak jak na poprzednim stanowisku.

Pomiar uzupełniający dla ortofotomapy

Temat powyższy prowadzony jest jako zajęcia warsztatowe. Ich celem jest dokonanie pokazu pomiaru uzupełniającego przeprowadzonego prostymi metodami. Odbywają się one w okolicach ośrodka szkoleniowego. Zajęcia prowadzone są w dwóch grupach, jedna pod opieką prowadzącego zajęcia, a druga pod opieką instruktora.

Pomiar uzupełniający ma następujący przebieg:

1. Dokonanie porównania treści zawartej na ortofotomapie ze stanem rzeczywistym i określenie rejonu dla którego konieczne jest przeprowadzenie pomiaru uzupełniającego.
2. Identyfikacja, na ortofotomapie i w terenie, szczegółów terenowych do których zostanie nawiązany pomiar uzupełniający. Szczegóły te powinny spełniać warunki przedstawione w rozdz. 2. czyli błąd identyfikacji na ortofotomapie nie powinien przekraczać 0.1 mm, a w terenie $\frac{M}{100}$ cm.
- 1) Opracowanie projektu pomiaru i przedstawienie go na szkicu (rys. 7,8). Jeżeli domierzane obiekty leżą blisko szczegółów stanowiących odniesienie, pomiar odległości może być wykonany za pomocą ruletki. Jeśli jednak odległości te są zbyt długie do pomiaru ruletką, można zastosować pomiar dalmierzem lub za pomocą zestawu co najmniej dwóch odbiorników GPS. W zależności od skali mapy dokładność pomiaru uzupełniającego może być różna. Dokładność ortofotomapy wynosi 0.3 mm co w skali 1 : 5 000 daje 1.5 m. Zatem dla map w mniejszych skalach (1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000) potrzebne dokładności pomiaru uzupełniającego nie są zbyt wysokie. Nie jest zatem potrzebny bardzo dokładny pomiar geodezyjny i można wykorzystać tańsze zestawy GPS umożliwiające uzyskanie dokładności od 0.3 m do 1 m.
- 2) Wykonanie pomiaru:
 - Pomiar liniowy:
Pomiar wybranych odległości i wpisanie ich wartości na szkicu.
Po zakończeniu pomiaru i przybyciu do pracowni wniesienie wyników na ortofoto-

mapę przez odłożenie pomierzonych w terenie odległości.

- Pomiar za pomocą zestawu GPS.

Na wybranym szczególe nawiązania należy ustawić antenę jednego z odbiorników, będzie to punkt odniesienia do pomiaru pozostałych szczegółów. Jeżeli pomiar wykonywany jest zestawem DGPS to wówczas wystarczy korzystać z jednego odbiornika, drugi zastępowany jest przez stację referencyjną umieszczoną na punkcie o znanym położeniu.

Odbiornik „pomiarowy” przestawiany jest na kolejne punkty których położenie należy wyznaczyć. Oprócz punktów wyznaczanych należy pomierzyć kilka zidentyfikowanych szczegółów na ortofotomapie w celu zapewnienia kontroli. Czas pomiaru na jednym wyznaczanym punkcie zależy od żądanej dokładności. Jeżeli są to wartości 1 - 2 m to czas ten wynosi od jednej do kilku minut. Przy oczekiwanych dokładnościach od kilkunastu do kilku cm czas ten wydłuża się i wynosi od 15 minut nawet do jednej godziny. Pomiar GPS może zostać uzupełniony pomiarem niektórych odległości pomiędzy wyznaczanymi punktami. Mogą one po pierwsze stanowić kontrolę pomiaru, a po drugie mogą umożliwić wyznaczenie położenia niektórych punktów bez konieczności ustawiania na nich odbiornika GPS (rys. 8). W trakcie pomiaru należy prowadzić szkic rozmieszczenia punktów pomiarowych.

Po powrocie do pracowni należy wykonać niezbędne obliczenia. Jeżeli pomiar nie był wykonywany w czasie rzeczywistym, najpierw wyznacza się współrzędne poszczególnych mierzonych punktów w układzie geocentrycznym. Następnie oblicza się współrzędne poszczególnych punktów w układzie w jakim sporządzona jest dana mapa, korzystając z pomiaru szczegółów odniesienia lub ze współrzędnych stacji referencyjnej w przypadku pomiaru DGPS.

Po uzyskaniu współrzędnych pomierzone punkty kartuje się na mapę i korzystając z pomocy szkicu wykonanego w terenie obraz ortofotomapy uzupełnia się brakującymi szczegółami.

Terenowa weryfikacja zidentyfikowanych na zdjęciach szczegółów

Zajęcia są kontynuacją tematu z pierwszego tygodnia p.t. „Charakterystyka zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych pod względem ich treści informacyjnej oraz ich charakterystyka kartometryczna” Uczestnicy kursu powinni dokonać terenowej weryfikacji wykonanej, w trakcie wyżej wymienionych zajęć, interpretacji fragmentu zdjęcia. Wybierają także kilka szczegółów które mogą stanowić podstawę fotogrametryczną. Przebieg zajęć jest następujący:

1. Identyfikacja wybranych uprzednio obiektów w terenie i weryfikacja dokonanej interpretacji.
2. Wybór szczegółów które mogłyby być wykorzystane jako podstawa fotogrametryczna oraz sprawdzenie czy szczegóły te spełniają odpowiednie warunki (rozdz. 3).

11.5 BIBLIOGRAFIA

Czarnecki K. (1994): Geodezja współczesna w zarysie; Wydawnictwo Wiedza i Życie;

Główny Urząd Geodezji i Kartografii: Instrukcja techniczna „K-2 Mapy Topograficzne dla celów gospodarczych”; Warszawa;

Główny Urząd Geodezji i Kartografii: Wytyczne techniczne „G-4.2 Uczytelnienie fotogrametrycznych zdjęć lotniczych i pomiary uzupełniające dla mapy zasadniczej”; Warszawa;

Główny Urząd Geodezji i Kartografii: Wytyczne techniczne „K-1.6 Mapa zasadnicza. Opracowanie pierworysu na podkładzie fotomapy lub ortofotomapy”; Warszawa;

Główny Urząd Geodezji i Kartografii: Wytyczne techniczne „G-1.8 Aerotriangulacja analityczna”; Warszawa.

11.6 ZAŁĄCZNIK 1

Wzór raportu z zadania: Terenowa weryfikacja kameralnego rozpoznania treści zdjęć

Zespół: (imiona i nazwiska)

- Rejon opracowania:
- Powierzchnia opracowania:
- Część obszaru zinterpretowana błędnie wynosi (powierzchnia lub ilość obiektów)
co stanowi % z całego weryfikowanego obszaru.
- Część obszaru która uległa zmianie w okresie pomiędzy wykonaniem zdjęć lotniczych, a terenową weryfikacją interpretacji wynosi (powierzchnia lub ilość obiektów)
co stanowi % z całego weryfikowanego obszaru.
- Ocena przyczyn błędnej interpretacji:

12. PRZEGLĄDANIE, INTERPRETACJA I POMIAR CYFROWYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH I ORTOFOTOMAP Z WYKORZYSTANIEM FOTOGRAMETRYCZNEJ STACJI CYFROWEJ VSD

Adam Boroń, Józef Jachimski

12.1 WSTĘP

Przeglądanie, fotointerpretacja i pomiary na odbitkach stykowych, powiększeniach i diapozytywach czarno-białych i kolorowych zdjęć lotniczych były przedmiotem poprzednich zajęć. Również przetworzony obraz fotograficzny do postaci arkusza mapy zwanej ortofotomapą stanowił obiekt interpretacji, pomiarów i aktualizacji.

Odczytywanie i interpretacja z wykorzystaniem powyższych, analogowych obrazów fotograficznych wymagała rysowania na zdjęciach lub przyłożonej do nich kalce linii ograniczających przeprowadzone wydzielania, często różnymi kolorami lub rodzajami linii dla zróżnicowania klasyfikowanych obiektów.

Pomiary na zdjęciach lub ortofotomapie wykonywane były z wykorzystaniem linijek, stereomikrometrów oraz kalkulatorów dla uzyskania rzeczywistych wymiarów liniowych lub powierzchniowych mierzonych obiektów czy zjawisk.

Istotny problem stanowiło wniesienie wyników przeprowadzonych wydzieleni ze zdjęć na mapę, która najczęściej była w innej skali niż zdjęcie, a i samo zdjęcie posiadało różne zniekształcenia wynikające z natury rzutu środkowego. W przypadku wykorzystywania ortofotomapy będącej przetworzonym do jednolitej i określonej skali obrazem fotograficznym problem ten nie występował.

Wszystkie powyższe uciążliwości opracowania z wykorzystaniem analogowych materiałów fotograficznych bardzo znacznie się redukują gdy zamienimy zdjęcie fotograficzne na obraz cyfrowy (skanowanie) i będziemy je przeglądać, odczytywać i mierzyć na ekranie monitora komputerowego z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania fotogrametrycznego. Komputer wyposażony w oprogramowanie tego typu nosi często nazwę Fotogrametrycznej Stacji Cyfrowej umożliwiającej opracowanie, podobnie jak w przypadku analogowych obrazów fotograficznych, pojedynczych obrazów (opcja mono) lub stereogramów (opcja stereo).

Zakres tematyki poruszonej w tym rozdziale dotyczy zapoznania z funkcjami i opisem pracy na fotogrametrycznej stacji cyfrowej VSD w opcji mono. Stacja fotogrametryczna VSD należy do tej grupy urządzeń, które umożliwiają pomiar punktowy i wektorowy treści zdjęć lub ortofotomap w przyjętym układzie odniesienia (układ terenowy), natomiast nie można na nich przetwarzać obrazów cyfrowych na inne obrazy (np. ortofotografie). Wszystkie uwagi zawarte w tym rozdziale dotyczą tego typu stacji fotogrametrycznych.

12.2 OBRAZ CYFROWY ZDJĘCIA LOTNICZEGO ORAZ ORTOFOTOMAPA CYFROWA JAKO MATERIAŁ ŹRÓDŁOWY DLA FOTOGRAMETRYCZNEJ STACJI CYFROWEJ

Na postać cyfrową można zamienić każde zdjęcie lotnicze zarówno panchromatyczne, w barwach naturalnych czy spektrostrefowe. Taką zamianę na postać cyfrową realizują urządzenia zwane skanerami. Najkorzystniej, ze względów dokładnościowych, jest skanować zdjęcia lotnicze na specjalnych skanerach fotogrametrycznych zapewniających bardzo wysoką wierność geometryczną pomiędzy oryginalnym zdjęciem lotniczym, a jego obrazem cyfrowym oraz wysoką rozdzielczość optyczną skanowanych obrazów.

Rozróżnialność szczegółów na zdjęciu fotograficznym jest zależna od wielkości ziaren emulsji tworzącej obraz srebrowy. Natomiast rozróżnialność szczegółów na obrazie cyfrowym, uzyskanym z tego zdjęcia fotograficznego, jest zależna od rozdzielczości z jaką wykonano skanowanie.

Poza oryginalnymi zeskanowanymi obrazami lotniczymi można zasilać stację cyfrową przetworzonymi obrazami cyfrowymi do postaci tzw. ortofotomapy. W zależności od tego jaki format obrazu cyfrowego akceptuje fotogrametryczna stacja cyfrowa w takim formacie można

zapisać obraz na etapie skanowania lub przetworzyć go przed wczytaniem do programu. Dla przykładu fotogrametryczna stacja cyfrowa VSD akceptuje obrazy cyfrowe w formacie TIF monochromatyczny (256 półtonów), TIF barwny-indeksowany (z paletą 256 kolorów) lub w formacie monochromatycznego strumienia pikseli o 256 półtonach.

12.3 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA FUNKCJI REALIZOWANYCH PRZEZ FOTOGRAMETRYCZNE STACJE CYFROWE PRZY OPRACOWANIU POJEDYNCZYCH OBRAZÓW

Program komputerowy fotogrametrycznej stacji cyfrowej pozwala na obserwowanie obrazu cyfrowego na ekranie monitora w różnych skalach, dowolne przemieszczanie się po obrazie, wybór dowolnego kadru i łatwe przechodzenie do sąsiednich fragmentów obrazu w trakcie pracy. Te funkcje obrazowe są bardzo przydatne przy wykonywaniu odczytywania, interpretacji i pomiaru treści zdjęć.

Inną grupą funkcji w programach tego typu są funkcje związane z edycją rysunku wektorowego (wektoryzacją). Umożliwiają one rysowanie na obrazie cyfrowym linii związanych z prowadzoną interpretacją treści zdjęcia. Dla wydzielenia różnych obiektów linie te mogą być różnicowane np. kolorem, grubością itp. Spotykana jest również możliwość edytowania na rysunku napisów. Korzystna jest także funkcja usuwająca chwilowo z obrazu cyfrowego wykonany rysunek dla ułatwienia dalszej interpretacji a następnie ponowne jego wyświetlenie. Rysowanie na obrazie cyfrowym wykonywane jest przy pomocy specjalnego kursora (znacznika mierzącego) poruszanego najczęściej za pomocą „myszy”. Przyciski myszy służą do wywołania najczęściej używanych funkcji edycyjnych np. lewy przycisk „myszy” zaznacza kolejne punkty linii łamanej rysowanej na ekranie monitora, a prawy kasuje błędnie narysowany odcinek. Ponieważ funkcji edytujących rysunek wektorowy jest wiele, dlatego tylko najczęściej używane mogą być przypisane przyciskom myszy natomiast pozostałe mogą być realizowane z klawiatury lub z menu programu (również z użyciem myszy). Innym rozwiązaniem jest zastąpienie myszy specjalnym dwuręcznym manipulatore wieloprzyciskowym do edycji rysunku wektorowego. W tym rozwiązaniu możliwe jest wybieranie większej ilości funkcji edycyjnych i obrazowych bez odrywania dłoni od manipulatora, jak również bardziej precyzyjne wybieranie punktów obrazu lub rysowanie trajektorii.

Obwodenie konturów obiektu na zdjęciu cyfrowym może być wykonane zawsze tylko linią łamaną tzn., że kontur składa się ze skończonej liczby odcinków (wektorów). Od obserwatora zależy jakiej długości będą odcinki tworzące obrys aby jak najlepiej oddać jego kształt. Można wyróżnić dwie metody rysowania linii konturów. Jedna polega na wyborze każdego z punktów linii i zarejestrowaniu go z wykorzystaniem klawisza myszy, klawiatury lub przycisku manipulatora. Natomiast druga polega na automatycznym rejestrowaniu trajektorii kursora w przyjętych interwałach liniowych lub czasowych. Rejestracja automatyczna trajektorii w trybie liniowym polega na zadaniu przez obserwatora długości wektora w pikselach, a następnie w trakcie obrysowywania konturu, po osiągnięciu zadanej długości wektora, następuje automatyczna rejestracja punktu linii. W wyniku takiej rejestracji wszystkie wektory tworzące obrys mają identyczną długość. Rejestracja trajektorii w interwale czasowym różni się od liniowej tym, że automatyczna rejestracja punktu linii następuje po upływie zadanego interwału czasowego, a wielkości wektorów tworzących obrys są różne i zależne od prędkości obwodzenia konturu. Rysowanie z wykorzystaniem funkcji trajektorii wymaga bardzo precyzyjnego prowadzenia kursora po linii obrysu, gdyż obserwator nie wie dokładnie kiedy nastąpi automatyczna rejestracja punktu linii, natomiast zaletę stanowi nieużywanie żadnych przycisków w trakcie wektoryzacji.

Istotną cechą fotogrametrycznych stacji cyfrowych jest możliwość importu plików wektorowych mapy numerycznej wykonanej na innej platformie programowej i ukazanie jej na tle obrazu cyfrowego zdjęcia lub ortofotomapy. Funkcja ta pozwala zweryfikować aktualność istniejącej mapy numerycznej przez porównanie jej z aktualną treścią obrazu lotniczego, oraz uzupełnienie jej treści rysunkiem brakujących elementów stanowiących obligatoryjną treść mapy, a odфотографowanych na obrazie lotniczym terenu (taką aktualizację mapy można wykonać

w zasadzie jedynie na podstawie ortofotomapy, a w szczególnych przypadkach na obrazach lotniczych zdjęć terenu płaskiego). Można również na takiej mapie dorysować inne obiekty nie stanowiące normalnie treści mapy a będące przedmiotem prowadzonej interpretacji obrazu np. lokalizacja dzikich wysypisk śmieci, samowoli budowlanych, obszarów zdegradowanego środowiska naturalnego itp. W takim przypadku, po zakończeniu wektoryzacji można zapisać plik nowej mapy zawierający interesujące nas wydzielienia wraz z rysunkiem mapy, lub zapisać nasz rysunek osobno. Tak zapisane rysunki umożliwiają późniejsze wydrukowanie wyników pracy na papierze w żądanej skali.

Do najczęściej stosowanych funkcji przy wektoryzacji obrazu cyfrowego należą:

- wybór kształtu, koloru i wielkości kursora,
- wybór cechy linii obrysu (kolor, grubość itp.),
- wybór sposobu wektoryzacji (z wyborem punktów pośrednich linii, z automatyczną rejestracją),
- usuwanie błędnych odcinków, fragmentów linii, całych linii, całego rysunku, ostatnio zarejestrowanego wektora itp.
- realizacja warunków geometrycznych pomiędzy wektorami (prostokątność, równoległość, dowolny kąt pomiędzy wektorami),
- dowiązanie linii do dowolnego punktu (funkcja ta umożliwia włączenie do linii lub zakończenie linii na wskazanym, wcześniej zarejestrowanym, punkcie). Powinna być stosowana zawsze do zamknięcia obrysu (punkt pierwszy jest wtedy zawsze punktem ostatnim),
- zakończenie linii (rejestracja ostatniego punktu linii),
- możliwość edycji napisów, symboli i znaków umownych,
- chwilowe wygaszanie / włączanie rysunku wektorowego na monitorze,
- rejestracja pojedynczych punktów,
- zapisanie gotowego rysunku wektorowego w dowolnym lub narzuconym formacie,
- zapisanie fragmentu obrazu cyfrowego widocznego na ekranie monitora wraz z rysunkiem wektorowym,
- możliwość importowania rysunków wektorowych (map numerycznych) powstałych na innych platformach programowych.

12.4 DOSTOSOWANIE UKŁADÓW I POMIAR NA OBRAZIE CYFROWYM

Każdy obraz cyfrowy posiada swój prostokątny układ współrzędnych obrazowych w którym określone jest położenie dowolnego piksela. W układzie tym współrzędne piksela to dwie liczby całkowite (x, y) określające numer wiersza (x) i numer kolumny (y) na przecięciu których się znajduje. Podstawową skalą obrazu cyfrowego wyświetlonego na ekranie monitora jest skala 1 : 1, w której jeden piksel obrazu cyfrowego odpowiada dokładnie jednemu pikselowi ekranu monitora. Stan taki można rozpoznać po tym, że współrzędne obrazowe położenia kursora na obrazie cyfrowym (widoczne na ekranie) przyjmują tylko wartości całkowite, zmieniające się co jednostkę przy zmianie położenia kursora o jeden piksel ekranowy. W przypadku powiększania obrazu cyfrowego w fotogrametrycznej stacji cyfrowej jeden piksel obrazowy zostaje powielony w ilości równej kwadratowi współczynnika powiększenia. W związku z tym 1 piksel ekranowy stanowi teraz ułamek piksela obrazowego. Postępowanie takie umożliwia pomiar na obrazie cyfrowym z dokładnością części piksela obrazowego czyli z tzw. dokładnością podpikselową. Teraz przemieszczając kursor o jeden piksel ekranowy można zaobserwować zmienność liczników współrzędnych obrazowych o stały ułamek piksela obrazowego (taki sam w obu kierunkach). Analogicznie wygląda sytuacja przy pomniejszaniu obrazu cyfrowego, wtedy przyrosty na licznikach współrzędnych obrazowych są liczbami całkowitymi równymi współczynnikowi pomniejszenia. Jak widać z powyższych przykładów dla uzyskania jak najwyższej dokładności pomiarów na obrazie cyfrowym należy dokonywać pomiarów na powiększonym obrazie cyfrowym, przy czym współczynnik powiększenia powinien być tak dobrany aby zapewnić jeszcze dokładną identyfikację punktu (przy zbyt dużym powiększeniu obraz staje się nieczytelny).

Znając współrzędne obrazowe zarejestrowanych (przez wskazanie kursorem) punktów

linii łamanej można obliczyć np. długość wskazanego odcinka lub powierzchnię wskazanego wieloboku zamkniętego. Wielkości te wyrażone będą w jednostkach układu obrazowego czyli pikselach. Informacje takie nie mają jednak znaczenia praktycznego ponieważ nie są wyrażone w jednostkach terenowych czyli w metrach. Z tego powodu konieczne jest przeprowadzenie tzw. dostosowania układów czyli wykonania transformacji układu obrazowego (x, y) do układu terenowego (X, Y). Zadanie to można wykonać w różny sposób. Dla zdjęć lotniczych terenu płaskiego, znając współrzędne terenowe (X, Y) conajmniej czterech punktów dostosowania i znając z pomiaru kursorem ich współrzędne obrazowe, można wykonać transformację rzutową. Transformacja ta bardzo dobrze dostosuje do siebie układ obrazowy z układem terenowym umożliwiając tym samym dokonywanie na obrazie cyfrowym pomiarów z dużą dokładnością terenową. Zastosowanie tej samej metody dla zdjęć lotniczych terenów zróżnicowanych wysokościowo obniży dokładność wyników w układzie terenowym ponieważ transformacja rzutowa nie eliminuje zniekształceń zdjęć lotniczych (przesunięć radialnych) związanych z deniwelacjami terenu. Najprostsze i najdokładniejsze jest dostosowanie układu obrazowego i terenowego w przypadku ortofotomapy. Ortofotomapa jest z definicji mapą - dlatego dla związania z nią układu terenowego wystarczy znajomość dwóch punktów w obu układach (np. narożników sekcji ortofotomapy) i zastosowanie transformacji Helmerta. Można również wykonać dostosowanie układów znając współrzędne jednego punktu w obu układach oraz wielkość piksela ortofotomapy cyfrowej w układzie terenowym.

Dostosowanie układów: obrazowego i terenowego umożliwiające pomiary i wektoryzację w układzie terenowym zdjęć lotniczych i ortofotomap jest stosunkowo proste, ale mimo tego powinno być wykonywane przez fotogrametrów, a następnie przekazywane wraz z obrazami cyfrowymi użytkownikowi. Takie postępowanie umożliwi specjalistom z innych dziedzin, posiadającym zainstalowaną na swoim komputerze fotogrametryczną stację cyfrową, na wczytanie obrazu cyfrowego wraz z parametrami dostosowania układów i wykonywanie swoich tematycznych opracowań w miarach i układzie terenowym.

12.5 KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA CYFROWEJ STACJI FOTOGRAMETRYCZNEJ VSD (OPCJA MONO)

Video Stereo Digitizer (VSD) jest, skonstruowaną w Polsce, fotogrametryczną stacją cyfrową przeznaczoną do opracowywania wektorowego czarno białych lub kolorowych cyfrowych obrazów. W opcji dwuobrazowej (stereo) - stereogramów lub stereoortofotogramów, a w opcji jednoobrazowej (mono) - fotogramów lub ortofotogramów.

VSD akceptuje skanowane obrazy lotnicze, naziemne jak i satelitarne, obrazy skanerowe oraz obrazy pochodzące z kamer CCD.

VSD może być używany do tworzenia lub aktualizacji numerycznych map różnych typów i w różnych skalach, interpretacji obrazów cyfrowych, przeglądania i pomiarów na ortofotomapach, jak również do sporządzania wektorowej dokumentacji ze zdjęć naziemnych, dla celów architektonicznych, konserwatorskich, archeologicznych itp.

Bez stereoskopu (opcja mono) możliwe jest opracowanie wektorowe pojedynczych fotogramów cyfrowych obiektów płaskich (przetwarzanie analityczne) lub ortofotogramów. W tym przypadku szczegóły obrazu wybierane są przez operatora za pomocą pojedynczego kursora (znacznika pomiarowego) animowanego myszą. Wskazywane punkty obrazu mogą być łączone linią łamaną. Nieregularne krzywe są wykreślane przez rejestrowanie trajektorii kursora. Linie łamane i trajektorie nakładane są na półtonalny lub barwny obraz cyfrowy na ekranie PC w wybranym kolorze. Każdy kolor linii lub trajektorii stanowi oddzielną warstwę w kodzie DXF lub kodzie binarnym programu VSD. Obserwowane pojedyncze punkty (X, Y) mogą być również zapisywane w plikach tekstowych lub w kodzie DXF np. dla tworzonej mapy numerycznej. Istniejące numeryczne mapy wektorowe 2D w formacie DXF mogą być importowane do systemu po transformacji do formatu ABS, właściwego dla VSD.

12.6 ĆWICZENIE I

Zapoznanie z wybranymi funkcjami VSD (mono) oraz przeglądanie pojedynczych obrazów cyfrowych (zdjęcia lotnicze panchromatyczne, barwne, spektrostrefowe, ortofotomapy barwne i panchromatyczne)

• Wybór kadru

Po uruchomieniu programu pojawia się na monitorze pomniejszony obraz cyfrowy z ramką prostokątną pokazującą jak duży fragment tego obrazu może pojawić się na ekranie w skali 1 : 1 (jeden piksel ekranu = jeden piksel obrazu cyfrowego). Za pomocą myszy można ustawić tę ramkę na tym fragmencie obrazu, który chcemy opracowywać lub oglądać. Przyciśnięcie lewego przycisku myszy lub klawisza [ENTER] spowoduje wyświetlenie tego fragmentu na monitorze w skali 1 : 1. Powrót do wyboru kadru następuje po wciśnięciu klawisza [V]. W trakcie realizacji wyboru kadru żadne inne funkcje VSD nie działają. Dopiero po wyświetleniu obrazu powiększonego można pracować w systemie bez ograniczeń.

• Zmiana skali obrazu

Po wyborze kadru obraz jest w skali 1 : 1. Kolejne dwukrotne powiększanie obrazu realizuje przyciskanie klawisza [Z], a kolejne dwukrotne pomniejszanie klawisz [M]. Dowolnie powiększyć można obraz wciskając klawisze [ALT Z] i wpisując współczynnik zmiany skali z klawiatury (znak minus współczynnika oznacza pomniejszenie). Powrót z dowolnej skali obrazu do skali 1 : 1 wywołujemy przez [ALT R] (można też opisanym wcześniej [ALT Z]). Dla pomiaru punktów przy dwukrotnym powiększeniu obrazu można wykorzystać funkcję powiększającą obraz tylko wokół tego punktu (lupa) wywoływana klawiszami [Ctrl Z]. Funkcja ta działa tylko wtedy gdy obraz na monitorze ma skalę 1 : 1.

• Wybór i sterowanie znacznikiem mierzącym (kursorem)

Do pomiarów lub wektoryzacji można wykorzystać jeden z pięciu znaczków pomiarowych wybieranych kolejno klawiszem [X]. Znacznikiem właściwym jest migający biały punkt o wymiarach 1 piksela, natomiast obramowanie zewnętrzne znacznika ma różne kształty. Szóstym rodzajem znacznika jest samodzielna większa kropka składająca się z pięciu pikseli (o barwie kursora) uzyskiwana z każdego rodzaju znacznika po naciśnięciu [SPACE]. Powtórne naciśnięcie [SPACE] powoduje powrót do pierwotnego kształtu kursora. W zależności od barw obrazu lub jego jasności można dobrać kolor kursora tak, aby ułatwić jego rozróżnialność na tle obrazu. Realizuje to klawisz [L]. Do wyboru jest 8 różnych kolorów znacznika. Poruszanie kursorem odbywa się za pomocą myszy lub klawiszy kierunkowych. W tym drugim przypadku, wykorzystywanym do precyzyjnego ustawiania kursora lub do przemieszczania go o stałe interwały liniowe, możliwe jest zmienianie wielkości skoku kursora. Zmniejszanie lub zwiększanie skoku realizują odpowiednio klawisze [+] i [-], natomiast uzyskanie żądanej wielkości skoku kursora realizuje przycisk [Alt +]. Wielkość skoku kursora (w pikselach) wpisuje się z klawiatury.

• Przemieszczanie się po obrazie cyfrowym

Przemieszczanie się po obrazie cyfrowym można wykonywać w trojaki sposób. Poprzez opisany wcześniej wybór kadru na pomniejszeniu obrazu [V]. Wykonywany jest wtedy gdy chcemy przenieść się w inny, odległy, obszar obrazu. Drugi sposób polega na przecentrowaniu kadru w stosunku do pozycji kursora. Wykonuje się go wtedy, gdy jesteśmy kursorem w pobliżu krawędzi ekranu i chcemy kontynuować pracę na sąsiednim, niewidocznym fragmencie obrazu. Wtedy po naciśnięciu klawisza [C] pojawia się nowy obraz, w tej samej skali co poprzedni, ale punkt obrazu, który wskazywał poprzednio kursor jest teraz punktem środkowym kadru. Trzeci sposób polega na szybkim przemieszczeniu się do kadru obrazu, dla którego znamy współrzędne punktu środkowego. Wykonuje się to najczęściej wtedy gdy chcemy odnaleźć punkt obrazu którego współrzędne znamy. Klawisz [zero] umożliwia realizację tej funkcji (współrzędne mogą być wczytane z klawiatury lub wprowadzone z wcześniej utworzonego pliku). W efekcie działania tej funkcji kursor znaj-

dzie się na obrazie w punkcie o podanych współrzędnych, a skala obrazu nie ulegnie zmianie.

- **Układy współrzędnych**

W górnym, lewym narożniku obrazu cyfrowego umieszczony jest licznik pokazujący współrzędne punktu wskazywanego przez kursor. Jeśli licznik jest niewidoczny to klawisz [W] go uaktywni, a jeśli jest widoczny to zmieni go na inny. Biały kolor licznika mówi o tym, że współrzędne wyświetlane są w układzie obrazu (piksele), a kolor żółty licznika pokazuje współrzędne punktu w układzie odniesienia (terenowym).

- **Wektoryzacja obrazu cyfrowego (rysowanie linii)**

W trakcie wektoryzacji obrazu najczęściej używane funkcje realizowane są przez trzy przyciski myszy. Przycisk lewy - [D] dowiązanie linii do wskazanego punktu stanowiącego jeden z końców wcześniej zarejestrowanego odcinka lub do pojedynczego, zarejestrowanego wcześniej punktu; przycisk środkowy - [P] rejestracja pierwszego i kolejnych punktów linii łamanej; przycisk prawy - [U] usuwa wektor wskazany kursorem. Podane w nawiasach przyciski klawiatury realizują te same funkcje.

Wybór barwy rysowanej linii oraz nadanie nazwy warstwie tematycznej, którą mają reprezentować rysowane obiekty dokonuje się za pomocą klawisza [B].

Obwodzenie konturu obiektu realizowane może być w dwóch trybach. Poligonu: obrys realizowany jest przez wybór każdego punktu obrysu (poligonu) [P] i zakończenie poligonu otwartego [K] lub poligonu zamkniętego [D]. Trajektorii [T]: w trakcie rysowania obrysu rejestracja punktów obrysu następuje automatycznie w interwałach liniowych. Wybór interwału rejestracji (w pikselach) realizuje przycisk [Alt T]. Zakończenie trajektorii [K]. Dowiązanie linii do wskazanego (wewnętrznego) punktu odcinka - klawisz [kropka]. Realizacja prostokątów odcinków - klawisz [N]. Rejestracja pojedynczych punktów [J].

Usuwanie elementów rysunku można wykonać w kilku wariantach: - usunięcie dowolnego odcinka wskazanego kursorem [U], - usunięcie ostatnio zarejestrowanego odcinka (bez wskazywania) [Bcksp]; - usunięcie końcowego fragmentu poligonu lub trajektorii [TU] (usunie od wskazanego odcinka kursorem do ostatniego odcinka linii). Usuwanie (bezpowrotne) całego rysunku realizuje klawisz [E] jeżeli w miejsce nazwy pliku wciśniemy [Space]. Ukrycie (chwilowe usunięcie rysunku z ekranu) realizują przyciski [Alt E]. Powrót rysunku - te same klawisze [Alt E]. Zapis rysunku w trakcie pracy - przycisk [F12].

- **Pomiary na obrazie cyfrowym**

Jeśli określony został dla obrazu układ dostosowania (układ terenowy) to można wykonywać pomiary na zdjęciu i uzyskiwać wyniki w jednostkach tego układu (m). W VSD można po wskazaniu kursorem dowolnego odcinka linii poligonu lub pojedynczego odcinka i przyciśnięciu klawisza [N] uzyskać na ekranie jego długość. Wskazując kursorem dowolny z boków poligonu zamkniętego i przyciskając klawisz [=] uzyskuje się na ekranie powierzchnię tego poligonu.

- **Import plików wektorowych do VSD**

Do programu VSD można wczytać rysunki wektorowe wykonane wcześniej z wykorzystaniem tego programu lub inne rysunki wektorowe np. mapy jeśli zapisane są w formacie .DXF. Te ostatnie przed wczytaniem należy zamienić na format .ABS akceptowany przez VSD. Wczytanie pliku rysunku lub mapy wykonuje się po wciśnięciu klawisza [E] i podaniu nazwy rysunku lub mapy.

- **Zakończenie pracy programu i zapisanie wyników**

Po zakończeniu pracy wychodzi się z programu wciskając klawisz [Q]. Ukazuje się wtedy na ekranie tylko wykonany rysunek (znika obraz cyfrowy). Po naciśnięciu dowolnego przycisku pojawia się na ekranie pytania: czy zapisać rysunek, pod jaką nazwą i w jakich formatach. Po wyborze odpowiedzi dokonywany jest zapis na dysk i wyjście z programu.

12.7 ĆWICZENIE II

Dostosowanie układu zdjęcia terenu płaskiego do układu terenowego z wykorzystaniem transformacji rzutowej.

Temat ten wykonywany będzie z wykorzystaniem barwnego obrazu cyfrowego zdjęcia lotniczego w skali 1 : 26 000 miasta Sieradza, wykonanego w ramach projektu PHARE. W wyniku konfrontacji treści zdjęcia (VSD) z mapami zasadniczymi w skalach 1 : 500 i 1 : 1 000 odczytane zostaną z map współrzędne X, Y co najmniej 4 punktów dostosowania, rozmieszczonych w narożach zdjęcia. Następnie zostanie wykonane na VSD dostosowanie układu obrazu cyfrowego do układu geodezyjnego. Przebiegać ono będzie w następujących etapach:

1. Ustawienie kursora na punkcie dostosowania i wciśnięcie klawisza [I]. Do tabelki, która pojawi się na ekranie należy wpisać nr punktu oraz współrzędne X i Y odczytane z mapy.
2. Czynności powyższe należy powtórzyć dla wszystkich wybranych punktów dostosowania.
3. Po wciśnięciu klawisza [F5] i wyborze transformacji rzutowej nastąpi obliczenie współczynników transformacji rzutowej.
4. Analiza odchylek na punktach dostosowania (jeśli punktów jest więcej niż 4) i wprowadzenie przyjętego układu odniesienia. W przypadku zbyt dużych odchylek należy usunąć błędy i przeprowadzić powtórne obliczenia.

Zadanie 1. Wymiarowanie obiektów

Na tak uzbrojonym zdjęciu należy dokonać pomiaru długości i szerokości budynku w którym odbywają się zajęcia i sprawdzić zgodność tych pomiarów poprzez bezpośredni pomiar ruletką lub porównanie z wymiarami podanymi przez prowadzącego.

Zadanie 2. Porównanie współrzędnych

W zadaniu tym należy określić współrzędne dowolnego punktu sytuacyjnego z mapy zasadniczej. Następnie należy odszukać ten punkt na zdjęciu cyfrowym w VSD (pomocna tutaj będzie funkcja ustawiania kursora wg współrzędnych [zero]) i po ustawieniu na nim kursora odczytać z liczników na ekranie jego współrzędne. Współrzędne tego punktu odczytane z mapy oraz z VSD powinny być sobie równe. Występujące odchyłki będą przedyskutowane na zajęciach.

12.8 ANEKS

Klawisze sterujące programu VSD - opcja mono (wg J. Zielińskiego)

Klawisz	Skrót	Znaczenie
Obraz		Wybór fragmentu obrazu i skali wyświetlania
[V]	Kadruj	wybór innego kadru ([Enter] lub lewy przycisk myszy - wizualizacja wybranego kadru) - submenu: [E] - nałożenie aktualnej mapy wektorowej [*] - wyświetlenie oznaczeń punktów pomiarowych
[C]	Centruj	zmiana kadru poprzez centrowanie położenia kursora
[Z]	Zoom	dwukrotne zwiększenie skali obrazu
[M]	zooM	dwukrotne zmniejszenie skali obrazu
[Alt Z]	zOom	dowolna zmiana skali wizualizacji obrazu (z wyborem opcji filtrowania dla obrazów monochromatycznych), współczynnik < 0 określa pomniejszenie
[Ctrl Z]	Lupa	dwukrotne powiększenie otoczenia kursora (funkcjonuje dla skali 1:1)
[R]	Przerysuj	odświeżenie tła rastrowego i przerysowanie mapy wektorowej
[Alt R]	Restart	powrót do skali obrazu pierwotnego, tj. 1:1
[0] (zero)	Ustaw	centrowanie kadru wg wsp. teren. podanych z klawiatury lub wprowadzonych z pliku *.PKT klawiszem [INS] po wpisaniu numeru punktu
[F]	Filtr	wyostrzanie krawędzi na całym ekranie
[O]	Podgląd	wyświetla obraz w skali 1:1 z ramką kadru powiększenia (podgląd sąsiedztwa powiększonego obrazu), powrót: - dowolny klawisz
Mapa		Wyświetlanie map wektorowych na tle obrazu
[E]	Wczytaj	wczytanie rysunku mapy 2D: *.MAP lub *.ABS (spacja w miejscu nazwy pliku bezpowrotnie kasuje rysunek z pamięci programu)
[Alt E]	Ukryj	ukrycie / ponowne wyświetlenie rysunku mapy
[F12]	Zapisz	zapis zabezpieczający aktualnej mapy w pliku dyskowym: *.MAP
Edycja		Nanoszenie odcinków mapy wektorowej
[P]	Poligon	zapis współrzędnych początku lub dalszych punktów linii łamanej (zwykle przypisany środkowemu przyciskowi myszy)
[B]	Warstwy	wybór warstwy aktualnej dla rejestrowania linii, dodanie warstwy lub modyfikacja atrybutu warstwy (nazwy, koloru, widoczności / ukrycia)
[Ctrl B]	Warstwa	sprawdzenie przynależności wskazanego odcinka do warstwy tematycznej oraz ewentualna jej aktualizacja
[Alt B]	Spis	wyświetlenie listy warstw i ich bieżących atrybutów
[K]	Koniec	zapis ostatniego punktu linii łamanej lub trajektorii
[D]	Dowiąż	dowiązanie linii do wskazanego punktu [J] lub dowolnego końca odcinka, - lewy przycisk myszy
[.](kropka)	Zaczep	dowiązanie linii do wskazanego, wewnętrznego punktu odcinka
[N]	Nawiąż	nawiązanie domiaru prostokątnego (realizacja prostopadłości dwóch odcinków).
[T]	Trajektoria	inicjacja rejestrowania trajektorii kursora
[Alt T]	Krok	ustawienie skoku rejestrowania trajektorii kursora (w pikselach)
[U]	Usuń	usunięcie wektora wskazanego kursorem, - prawy przycisk myszy
[Bcksp]	Usuń	usunięcie ostatnio zarejestrowanego odcinka
[TU]	Usuń	usunięcie końcowego fragmentu trajektorii lub poligonu

[J]	Punkt	rejestracja pojedynczych punktów
Kursor		Wybór znacznika pomiarowego i sterowanie znacznikiem
[X]	Kształt	zmiana kształtu kursora
[L]	koLor	zmiana koloru kursora
[SPACE]	Punkt	zastąpienie kursora punktem / powrót do poprzedniego kształtu kursora
[-]	Zwolnij	zmniejszenie skoku kursora
[+]	Przyspiesz	powiększenie skoku kursora
[Alt grey+]	Skok	ustawienie skoku kursora
Układy		Orientowanie zdjęć i określanie układów odniesienia
[I]	mierz_I	rejestracja punktu dostosowania: [INS]- wprowadzenie wsp. z pliku *.PKT. W przypadku rejestracji punktów dla wyrównania sieci liniowej współrzędnych punktów nie wprowadza się, a jedynie akceptuje pojawiające się na ekranie wartości.
[F5]	or_Wewn	określanie transformacji do układu odniesienia
[F3]	Sieć	wyrównanie obserwacji liniowych wg danych z pliku DANE_WSL oraz transformacja do układu odniesienia
[Alt G]	Plik	aktualizacja wsp. punktów dostosowania wg pliku *.PKT (nowy układ odniesienia)
[']	(apostrof) Układ	Zmiana definicji układu odniesienia (zmiana orientacji i punktu zaczepienia układu)
Ekran		Ustawianie stanów ekranu
[W]	Liczniki	wymiana układu współrzędnych wyświetlanego na licznikach biały - układ obrazu cyfrowego (w pikselach) żółty - układ odniesienia
[*]	Znaki	włączanie/wyłączanie wyświetlania oznaczeń punktów pomiarowych
[Alt 8(*)]	Opisy	wyświetlenie numerów punktów pomiarowych
[Alt F2]	Slajd	rejestracja ekranu w pliku o formacie TIFF, BMP lub PCX.
[Alt F1]	RAM	raport stanu pamięci RAM i statystyk opracowania
Inne		Inne polecenia
[N]	Odległość	obliczenie długości wskazanego odcinka
[=]	poLe	obliczenie pola powierzchni wskazanego poligonu zamkniętego
Menu		Wywoływanie funkcji programu
[]		aktywny klawisz zgodny z podaną listą uruchamia odpowiednią funkcję
[Esc]		wywołanie menu tekstowego programu z komentarzami klawisze kursora służą do wyboru funkcji, Enter - uruchamia wybraną funkcję lub zmienia poziom menu, Esc - cofa do poprzedniego poziomu lub kasuje menu
[Ins]	Menu	przenoszenie menu tekstowego: góra ekranu - dół ekranu
[F10]	Menu	wywołanie menu graficznego obsługiwanego myszą (proponycja menu). Właściwym wywołaniem tego menu jest jednocześnie naciśnięcie lewego i prawego przycisku myszy, wybór potwierdza lewy przycisk, a rezygnację - kliknięcie poza obszarem menu. Proponowany zestaw funkcji wg pliku VSDCONF obejmuje funkcje: Centruj, Kadruj, Dowiąż, Usuń, Zoom, Lupa, Nawiąż, Warstwa, zoom, Przerysuj, Zapisz, Wczytaj.
[Q]	Q-system	zapis plików mapy wektorowej i zakończenie pracy systemu VSD

13. WPROWADZENIE DO ZAJĘĆ NA TEMAT „WYKORZYSTANIE ZDJĘĆ LOTNICZYCH W RÓŻNYCH DZIEDZINACH GOSPODARKI NARODOWEJ”

Ryszard Florek-Paszkowski

Niniejszy przegląd wybranych zastosowań zdjęć lotniczych, ma na celu pokazanie potencjalnych możliwości wykorzystania tychże zdjęć dla potrzeb różnych dziedzin gospodarki, administracji publicznej, nauki i techniki. W szczególności przedstawione będą przykłady dotyczące takich zagadnień jak demografia, użytkowanie terenu i pokrycie terenu [Lo C P 1991] z użyciem najprostszych metod analogowych, możliwych do zastosowania z użyciem odbitek stykowych i powiększeń zdjęć lotniczych.

13.1 UŻYTKOWANIE I POKRYCIE TERENU

Wykonywanie map użytkowania ziemi oraz szczegółów pokrycia terenowego jest związane ze studiami nad roślinnością, uprawami i glebami, czyli studiami nad biosferą. Ponieważ użytkowanie ziemi i pokrycie terenu są bardzo znaczące dla planistów, którzy podejmują decyzje dotyczące gospodarki naturalnymi zasobami i bogactwami, dlatego mają bardzo ekonomiczne znaczenie. Dane te prezentowane są zwykle w postaci map wraz z towarzyszącą im statystyką do każdej kategorii użytkowania i pokrycia terenowego. Użycie zdjęć lotniczych jest szczególnie przydatne do tego celu ze względu na ich obiektywność oraz kompleksową rejestrację wszystkiego, co jest widziane z lotu ptaka.

13.1.1 Definicja i metody

Ziemia użytkowana przez człowieka posiada szereg charakterystyk, takich jak klimat, geologia, gleba, topografia, hydrologia i biologia [Aldrich, 1981].

Użytkowanie ziemi było studiowane z wielu przeciwstawnych punktów widzenia i żadna z tych definicji nie jest wystarczająco właściwa dla wszystkich różnorodnych uwarunkowań. Na przykład jest możliwe patrzeć na użytkowanie ziemi z punktu widzenia jego potencjalnych możliwości poprzez oszacowanie relacji do różnych naturalnych charakterystyk, jak topografia, hydrologia itd. Przechodząc do pokrycia terenu, które odnosi się do roślinności i infrastruktury będącej efektem konstrukcyjnej działalności człowieka, możemy stwierdzić, że prawie wszystko może być zauważone na zdjęciach lotniczych.

Trzy generalne klasy danych dotyczą pokrycia terenowego:

1. Fizyczne struktury zbudowane przez człowieka;
2. Naturalna roślinność, uprawy rolne i zwierzęta;
3. Różnego typu zmiany i konstrukcje.

Bazując na obserwacji pokrycia terenowego można wnioskować o ludzkiej działalności i użytkowaniu terenu. Jednakże, są pewne rodzaje ludzkiej działalności, które nie mogą być wprost odniesione do pokrycia terenowego [Anderson *et al.*, 1976]. Inne problemy nawiązują do wielorakiego użytkowania terenu, które może występować jednocześnie lub alternatywnie. Także może występować zróżnicowanie użytkowania terenu w zależności od wysokości. Zatem, wykonywanie map użytkowania ziemi i pokrycia terenowego wymaga arbitralnych decyzji w celu pewnego rodzaju generalizacji informacji w zależności od skali mapy i jej przeznaczenia.

13.1.2 Schematy klasyfikacji

Jednym z kluczowych czynników określających powodzenie wykonywania mapy użytkowania ziemi i pokrycia terenowego jest wybór odpowiedniego schematu klasyfikacji dla za-

mierzzonego celu. Dobry klasyfikacyjny schemat powinien być łatwy do zastosowania bez kontrowersji w definiowaniu różnego rodzaju użytkowania ziemi i kategorii pokrycia terenowego. Ponadto, schemat powinien dawać możliwość generowania wymaganego stopnia szczegółowości. Innymi słowy, poziom dokładności wynikowej mapy jest ściśle związany ze schematem klasyfikacyjnym, który powinien brać pod uwagę skalę finałowej mapy. To z kolei jest związane z metodą pozyskiwania danych. Na przykład zastosowanie pomiarów terenowych pozwala na rejestrowanie najmniejszych nawet działek terenu, ale jest to żmudna i czasochłonna technologia. Zastosowanie zdjęć lotniczych pozwala ograniczyć prace terenowe tylko do testowania i weryfikowania danych uzyskanych ze zdjęć lotniczych mało i wielkoskalowych.

Zaprojektowanie schematu klasyfikacyjnego może być oparte na podejściu funkcjonalnym albo morfologicznym lub obu jednocześnie. Funkcjonalne podejście jest zorientowane na interpretowanie dowodów działalności, takich jak rolnictwo, erozja, leśnictwo, urbanizacja itd. Morfologiczne podejście akcentuje interpretację pokrycia terenowego z użyciem takich terminów jak: tereny rolnicze, łąki, lasy, nieużytki, tereny zabudowane itd. [Stamp, 1960; Campbell, 1983].

Anderson [1971] sugeruje, że podejście funkcjonalne zorientowane na rodzaj działalności jest bardziej odpowiednie jako schemat klasyfikacyjny ogólnego przeznaczenia.

13.1.3 Przykład schematu klasyfikacyjnego USA

Poniżej przedstawiono schemat klasyfikacyjny najbardziej popularny w USA [Anderson 1976].

1 Zabudowa	11 Tereny mieszkaniowe 12 Usługi i handel 13 Przemysł 14 Transport, komunikacja, obsługa 15 Przemysłowe i handlowe kompleksy 16 Zabudowa mieszana 17 Inne
2 Tereny rolnicze	21 Uprawy rolnicze i pastwiska 22 Ogrody, winnice, szkółki, sady 23 Uprawy warzywne 24 Inne tereny rolnicze
3 Stepy	31 Ziola 32 Krzewy 33 Mieszane
4 Lasy	41 Lasy liściaste 42 Lasy szpilkowe 43 Lasy mieszane
5 Wody	51 Strumienie i kanały 52 Jeziora 53 Zbiorniki wodne 54 Zatoki i ujścia
6 Tereny podmokłe	61 Tereny podmokłe zalesione

	62 Tereny podmokłe bezleśne
7 Nieużytki	71 Suche słone powierzchnie 72 Plaże 73 Rejony piaszczyste inne niż plaże 74 Tereny skaliste 75 Kopalnie odkrywkowe i otwory 76 Tereny pośrednie 77 Nieużytki mieszane
8 Tundra	81 Tundra zakrzaczona 82 Tundra ziołowa 83 Tundra nieużytek 84 Tundra podmokła 85 Tundra mieszana
9 Wieczny lód i śnieg	91 Wieczne pola śniegowe 92 Lodowce

W najprostszej metodzie, wypełnianie schematu klasyfikacyjnego polega na interpretowaniu zdjęcia lotniczego, zaznaczania odpowiednich obszarów i rysowaniu ich granic na kalce przyłożonej do zdjęcia lotniczego. Schemat klasyfikacyjny powinien być dostosowany do konkretnych potrzeb danego użytkownika. Obecnie stosujemy klasyfikację komputerową, jednakże manualne metody na analogowych zdjęciach lotniczych ciągle mogą być przydatne do stosowania w lokalnym zakresie.

13.1.4 Ćwiczenie

Modyfikacja schematu klasyfikacyjnego do warunków polskich.

13.1.5 Warsztaty problemowe

Dostosowywanie schematów klasyfikacyjnych dla potrzeb różnych użytkowników

13.1.6 Ćwiczenie

Wypełnienie zmodyfikowanego schematu klasyfikacyjnego w oparciu o zdjęcia lotnicze 1 : 26 000 i ich powiększenia do skali około 1 : 10 000.

13.1.7 Warsztaty problemowe

Porównanie wyników klasyfikacji ze zdjęć lotniczych i powiększeń. Dobór rodzaju zdjęć lotniczych do potrzeb użytkownika klasyfikacji.

13.2 DEMOGRAFIA I ARCHEOLOGIA

W encyklopedycznym ujęciu [Encyklopedia Powszechna, 1983] demografia to nauka o ludności, zajmująca się jakościowym i ilościowym badaniem ludności, jej struktury i rozwoju w określonych warunkach historycznych. Studia w tej dziedzinie zostały zintensyfikowane w obecnym wieku ponieważ przyrost ludności następuje szybciej niż przedtem. Największy przy-

rost wystąpił w latach 1970-tych, kiedy to średni roczny przyrost około 2% został osiągnięty i jest uznawany za najwyższy w ludzkiej historii [Fridman and Berelson 1974].

Wzrost populacji jest efektem zmniejszenia się wskaźnika umieralności, spowodowanego lepszą opieką lekarską i działaniem programów zwalczania chorób. Pomimo niewielkiego zahamowania przyrostu ludności od roku 1981, to i tak przyrost ludności netto wynosi obecnie około 80 milionów ludzi w skali roku. Według ocen Narodów Zjednoczonych do roku 2110 światowa populacja mogłaby się ustabilizować na poziomie 10,5 miliardów ludzi. Będzie to około 2,5 razy więcej niż populacja wynosząca w roku 1981 około 4,4 miliarda ludzi.

Wzrost ludności ma wpływ na stan zasobów bogactw naturalnych, środowisko naturalne człowieka i ogólny rozwój naszej cywilizacji.

13.2.1 Dziedziny zastosowań

Jako pierwsze nasuwające się zastosowanie fotointerpretacji i teledetekcji ze zdjęć i obrazów lotniczych i satelitarnych jest badanie przestrzennego rozkładu zaludnienia i wpływ obecności osadnictwa na środowisko naturalne. Innymi słowami, zdjęcia lotnicze i satelitarne obiektywnie rejestrują sprzężenie zwrotne pomiędzy mieszkańcami a środowiskiem zamieszkania z różnym stopniem szczegółowości w zależności od skali zdjęcia i rodzaju użytego detektora i sensora.

Pamiętajmy przy tym, że rejestracji dokonujemy sensorami fotograficznymi i elektronicznymi. Sensory fotograficzne to po prostu kamery fotograficzne różnego typu jedno i wielo-obiektywowe. Natomiast w skanerach rejestracja następuje na elektronicznej matrycy światłoczułej spełniającej rolę detektora.

Jako rezultat zastosowań w tej dziedzinie wypracowano metody do określania zaludnienia na danej powierzchni, czyli lokalnej gęstości zaludnienia, która jest podstawową informacją do określenia przestrzennego rozmieszczenia populacji, informacji niezbędnej przy planowaniu rozwoju w regionie i kraju.

Uzyskanie tej informacji dokonuje się poprzez dwa fundamentalne podejścia w teledetekcji:

- 1) wizualne i manualne rozpoznanie i pozyskanie informacji poprzez fotointerpretację;
- 2) sformułowanie odpowiedniego matematycznego modelu dla obliczenia potrzebnych danych.

13.2.2 Rozkład zaludnienia

Ludzie są zbyt mali, żeby mogli być łatwo rozpoznani ze zdjęć lotniczych lub innych form zobrazowania teledetekcyjnego. Przestrzenny rozkład populacji może być uzyskany drogą pośrednią na podstawie charakterystyki osadnictwa lub z innych pośrednich, dających się rozpoznać elementów na powierzchni terenu. Przydatnymi do tego celu są lotnicze zdjęcia nachylone, wykonane na emulsji spektrostrefowej, czyli wielowarstwowej barwnej, z uczuleniem na podczerwień oraz ze zmienionym oddaniem barw w stosunku do oryginału. Na takich łatwo możemy rozróżnić zabudowania pośród zieleni i upraw.

Wielkoskalowe zdjęcia lotnicze są użyteczne w dostarczaniu informacji o charakterystyce rozkładu populacji, a także o jej zmianach w czasie, o ile dysponujemy zdjęciami w przeszłości. Dla poglądu w makroskali przydatne są zobrazowania pozyskiwane z użyciem zarówno kamer fotograficznych, jak i sensorów z pułapu satelitarnego. Widoczne z tego pułapu typy osadnictwa mogą być opracowywane analitycznie i modelowane dla przedstawienia rozkładu populacji.

13.2.3 Studia nad historią osadnictwa

Użycie zdjęć lotniczych do rozpoznawania działalności człowieka na powierzchni ziemi z przeszłości jest obecnie stałą praktyką wśród archeologów. Duża przydatność danych po-

chodzących ze zdjęć lotniczych do tego rodzaju badań osadnictwa w przeszłości bierze się stąd, że zdjęcia lotnicze dają kompleksowy wgląd w teren. To pozwala na zauważanie całościowych struktur dawnego osadnictwa.

Szczególnym celem archeologii jest odtwarzanie całościowego obrazu związków osadniczych i ich gospodarki [Bradford 1957]. Na przykład, jeżeli rozpoznane zostanie miejsce wsi z okresu średniowiecza, to z pomocą zdjęć lotniczych można zlokalizować i skartować pozostałości jej szczegółów, takich, jak drogi, stawy rybne, pola uprawne, cegielnie itd. Następnie można wnioskować jak ludzie z przeszłości wykorzystywali naturalne zasoby, takie jak łąki, lasy, minerały, znajdujące się w ich zasięgu. Użycie wielkoskalowych pionowych i nachylonych zdjęć lotniczych dostarcza wystarczających szczegółów do przeprowadzenia dokładnej fotointerpretacji, a więc rozpoznania wcześniej wymienionych elementów osadnictwa i ich związków [St. Joseph 1977].

Odkrycie miejsc archeologicznych ze zdjęć lotniczych bazuje na różnicach tonów i barw dostarczanych przez zróżnicowania wegetacyjne spowodowane różnym wzrostem upraw na skutek ukrytych różnic występujących w glebie i niższych warstwach. Zwiększona grubość gleby wypełniająca zagłębienia i zapadliska może przyczyniać się do gęstszej i wyższej wegetacji. Jednocześnie pewne składniki pod powierzchnią, które są nieprzepuszczalne dla korzeni, mogą powodować słaby i ograniczony wzrost wegetacji. Występowanie tych zróżnicowań wegetacyjnych jest uzależnione od sezonowości, pogody i warunków wilgotnościowych.

Głęboko ukorzenione zboża, takie jak pszenica, jęczmień i owies dają najlepsze zróżnicowania wegetacyjne w suchych sezonach. W przypadkach, w których obserwujemy nieprawidłową spowolnioną wegetację roślin, możemy mieć do czynienia z występowaniem pod spodem dawnych dróg lub fundamentów budowli. Objawia się to na zdjęciach lotniczych występowaniem w tych miejscach rozjaśnień charakterystycznych dla bardziej suchej gleby. Stanowią one ważny dowód na wskazanie dawnych miejsc osadnictwa.

Innym ważnym źródłem informacji są zróżnicowania glebowe, które pojawiają się, kiedy teren został zniwelowany i stały się one odkryte i widoczne. Zróżnicowania glebowe widoczne bywają także po oraniu lub kiedy najcieńsza, początkowa warstwa roślin występuje we wczesnym okresie wegetacji. Różnice w barwach i tonach na zdjęciu lotniczym zależą od składników ziemi. Kontrast jest szczególnie mocny po długim okresie deszczów i wiatrów w danym terenie.

Inne czynniki, które należy wziąć pod uwagę, to oświetlenie słoneczne i powstające cienie, które mogą wzmocnić małe nawet różnice w rzeźbie terenu. Czas wykonania zdjęcia i jego orientacja w przypadku lotniczych zdjęć nachylonych pomaga w wykryciu skomplikowanych miejsc archeologicznych.

Wielki zakres prac z wykorzystaniem zdjęć lotniczych do odtwarzania dawnego osadnictwa i ludzkiej działalności w przeszłości wniósł prof. J K S St Joseph z Uniwersytetu w Cambridge. Wyniki tych prac zostały opublikowane w brytyjskim czasopiśmie archeologicznym *Antiquity* w latach 1964-1980. Przedstawiono w nich przekonujące dowody przydatności lotniczych zdjęć do tego rodzaju badań.

Na wyświetlanym w czasie wykładu przeźroczu występują zróżnicowania w wegetacji roślin, które ujawniają kompleksowe miejsca archeologiczne nad rzeką Nene, blisko Alwalton w Anglii. Miejsce to znajduje się w meandrach rzeki Nene na żwirowym tarasie położonym wystarczająco wysoko, żeby być wolnym od zalewania przez rzekę. Zdjęcie lotnicze zostało wykonane późnym popołudniem, jak to wynika z długich cieni drzew, ujawnia ukryte szczegóły pod powierzchnią. Występujące na zdjęciu lotniczym różnice tonalne w obrębie tej samej uprawy są spowodowane różnicą wysokości kukurydzy i są wzmacniane przez ich cienie. Główna grupa zróżnicowań tonalnych pokazuje układ prawie prostokąta i mniej regularnych dodatkowych elementów. Małe elementy prawdopodobnie wskazują np. miejsca wydobywania

surowców naturalnych, studnie, groby. Dwie prawie że okrągłe zamknięte linie sugerują możliwość występowania fos obronnych wokół dużych chat mieszkańców lub rowów odwadniających wokół tych chat. To miejsce jest jednym z wielu odkrytych w tym regionie, który obejmuje łącznie 5200 ha. Studia przeprowadzone nad tego typu archeologicznymi miejscami ujawniają rozwój socjalny mieszkańców i zmiany w użytkowaniu ziemi w okresie około 3 tysięcy lat.

13.2.4 Fotografia wielospektralna w archeologii

Fotografia wielospektralna została z powodzeniem zastosowana w badaniach archeologicznych. Technika ta pozwala na rozróżnienie rosnących upraw. W jednym z zastosowań [Hampton 1974] użył 4 kamery fotograficzne na film 70 mm do wykonania lotniczych zdjęć znanych archeologicznych miejsc w południowo-środkowej Anglii. Zdjęcia zostały wykonane na emulsjach czarno-białej panchromatycznej, barwnej i spektrostrefowej w kombinacji z użyciem różnych filtrów.

Każde miejsce było fotografowane 4 razy, od wiosny do późnego lata, tak że większe zmiany wzrostu zbiorów zostały rejestrowane. Wizualna metoda opracowania zdjęć pozwoliła na znalezienie archeologicznych wskaźników, takich jak zróżnicowania upraw, w każdym z przedziałów spektralnych z użyciem podświetlanego stołu. Badania wykazały zalety użycia wielospektralnej fotografii, z zastosowaniem dwóch lub trzech kamer.

W warunkach suchej pogody zdjęcia panchromatyczne z zastosowaniem filtru żółtego lub pomarańczowego dały najlepsze rezultaty z końcem czerwca i w lipcu. Z kolei spektrostrefowe zdjęcia podczerwone dały najlepsze rezultaty z początkiem czerwca i z końcem lipca.

Zatem, przez użycie dwóch kamer załadowanych czarno-białym panchromatycznym filmem w jednej i spektrostrefowym podczerwonym w drugiej, olbrzymia większość anomalii we wzroście upraw mogła być zarejestrowana. W konsekwencji, mogły być wyprowadzone wnioski o szczegóły na temat detali miejsc archeologicznych.

Jak do tej pory, zastosowanie zdjęć lotniczych w archeologii opiera się głównie na zastosowaniu pionowych i nachylonych zdjęć lotniczych ponieważ wykazują one zróżnicowania glebowe i wegetacyjne - podstawowe klucze do odnalezienia i rozpoznania miejsc archeologicznych.

Przeprowadzone badania wykazały, że zdjęcia lotnicze (z helikoptera) miejsc archeologicznych wykonane małoformatowymi kamerami 6 × 6 cm mogą być używane z powodzeniem do wykonywania map wielkoskalowych 1 : 500 tych obszarów [Florek R, Henderson P, 1994].

13.2.5 Oszacowanie populacji według liczby mieszkań

Znane są różne podejścia w określaniu populacji i gęstości zaludnienia. Wielkoskalowe zdjęcia lotnicze są bardzo przydatne w metodzie, w której poszczególne mieszkania i domy są rozpoznawane i liczone. Jeśli znamy średnią liczbę osób zamieszkującą każde mieszkanie, wtedy mnożąc ten współczynnik przez ogólną liczbę mieszkań policzonych w danym rejonie, otrzymamy liczbę mieszkańców.

Wskaźnik gęstości zaludnienia lub liczba osób przypadająca na jedno mieszkanie może być uzyskana z urzędu statystycznego lub testowych badań w terenie. Przykładem zastosowania tej metody było oszacowanie populacji miasta Atlanta w stanie Georgia, USA [Hsu 1971]. Zastosowane zostały zdjęcia lotnicze w skali 1 : 5 000 oraz mapa gęstości zaludnienia z roku 1963. Przeźroczysta siatka pokrywająca powierzchnię P zdjęcia o oczku 1/4 mili kwadratowej została skonstruowana jako baza do uzyskania liczb mieszkań w każdym oczku siatki. Siatka ta odpowiadała siatce na mapie topograficznej w skali 1 : 24 000. Przykładając tę siatkę na zdjęcie lotnicze i ustawiając tak jak siatka na mapie topograficznej, interpretowano, liczone i rejestrowano liczbę mieszkań L w każdym oczku siatki. Założono, że każda jednostka miesz-

kalna jest zamieszkała przez liczbę mieszkańców M wziętą z oficjalnych danych statystycznych. Populacja POP równa się iloczynowi liczby jednostek mieszkalnych L przez jednostkową liczbę mieszkańców M przypadających na jednostkę mieszkalną.

$$POP = L \times M \quad (\text{wzór 1})$$

Gęstość zaludnienia GZ została obliczona dla każdego oczka siatki według wzoru:

$$GZ = \frac{M \times L}{P} \quad (\text{wzór 2})$$

W ten sposób mapa gęstości zaludnienia miasta Atlanta została sporządzona w 1968 roku. Dokładność zależy w dużym stopniu od doświadczenia fotointerpretatora w identyfikowaniu i liczeniu jednostek mieszkaniowych.

Podczas sprawdzenia terenowego zauważono, że roślinność całorocznie zielona powodowała niezauważanie domów z podobnie ciemno pomalowanymi dachami. Ponadto były problemy z rozróżnieniem wysokich budynków biurowych od budynków mieszkalnych. Ale w większości osiedli mieszkaniowych średni błąd był mniejszy niż 3%. Niezależnie od trudności w interpretowaniu i liczeniu domów i mieszkań, problemem jest przyjęcie wartości M czyli liczby mieszkańców na jednostkę mieszkaniową. Po sprawdzeniu terenowym [Lo and Chan, 1980], okazało się, że wartość M wynosiła od 4,4 dla normalnych mieszkań w budynkach do 3,1 dla tymczasowych i prowizorycznych mieszkań.

13.2.6 Ćwiczenie

Szacowanie populacji na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych i powiększeń metodą według liczby mieszkań.

Wykonanie szacowania z użyciem zdjęć lotniczych 23×23 cm w skali 1 : 26 000 oraz powiększeń tychże zdjęć do skali około 1 : 10 000.

13.2.7 Oszacowanie populacji według powierzchni i kategorii gęstości zaludnienia

Alternatywną metodą do liczenia jednostek mieszkaniowych jest metoda polegająca na interpretacji i klasyfikacji terenu na rejony P_i o różnej gęstości zaludnienia GZ_i ale stałej w przybliżeniu w danym rejonie, pobraniu średnich wartości gęstości zaludnienia dla danej kategorii z oficjalnych danych statystycznych (jeśli istnieją i są dostępne) lub uzyskanie tych danych z terenowych testów, a następnie obliczenie populacji na danym terenie poprzez zsumowanie iloczynów powierzchni

$$POP = \sum P_i \times GZ_i \quad (\text{wzór 3})$$

Badania tą metodą przeprowadzono z wykorzystaniem lotniczych zdjęć małoskalowych [Kraus, Senger and Ryerson, 1974]. Zdjęcia były wykonane w skali 1 : 600 k na czarno-białym filmie panchromatycznym 70 mm oraz w skali 1 : 120 k i 1 : 60 k kamerą 23×23 cm na barwnym, podczerwonym filmie spektrostrefowym w kwietniu 1971 dla określenia populacji czterech miast w Kalifornii (Fresno, Bakersfield, Santa Barbara i Salinas). Zdjęcia 70 mm zostały powiększone do skali 1 : 40 k, a następnie sporządzono mapę użytkowania terenu dzieląc obszary zamieszkałe na cztery kategorie: a) budowle jednorodzinne; b) budowle wielorodzinne; c) budowle szeregowe; d) budowle przemysłowe i biurowe. Gęstość zaludnienia odnosząc się do tych trzech rodzajów budowli mieszkalnych określono z pomocą amerykańskiego urzędu statystycznego. Rezultaty okazały się wystarczająco dokładne, z wyjątkiem budowli odosobnionych i starych domów, które następczo trudności w interpretacji. Średni błąd oszacowania populacji dla powyższych czterech miast wyniósł 4.5% jako niedoszacowanie.

13.2.8 Ćwiczenie

Szacowanie populacji na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych i powiększeń metodą według powierzchni i kategorii gęstości zaludnienia.

Wykonanie szacowania z użyciem zdjęć lotniczych 23 × 23 cm w skali 1 : 26 000 oraz powiększeń tychże zdjęć do skali około 1 : 10 000.

13.2.9 Warsztaty problemowe

Porównanie metod użytych w ćwiczeniach; ich charakterystyka pod względem zalet i wad oraz trudności realizacyjnych. Możliwość zastosowania w warunkach polskich.

13.3 PRZEGLĄD ZASTOSOWAŃ ZDJĘĆ LOTNICZYCH W SZWECJI

Niniejszy przegląd został opracowany z wykorzystaniem materiałów wykładowcy Królewskiego Instytutu Technologii w Sztokholmie, A. Boberga, przygotowanych na zamówienie państwowego przedsiębiorstwa SWEDESURVEY z Gävle, oraz na podstawie zaprezentowanych przez SWEDESURVEY doświadczeń w dziedzinie wykorzystania zdjęć lotniczych w Szwecji, uczestnikom delegacji konsorcjum AEROFOTO'97. Pan Anders Boberg uczestniczył w listopadzie 1996 w dwóch pierwszych dwudniowych kursach dla decydentów w Sieradzu w charakterze wykładowcy. Po otrzymaniu ilustracji od strony szwedzkiej, zostaną one dołączone do skryptu.

13.3.1 Planowanie

Pierwsza grupa zastosowań zdjęć lotniczych dotyczy planowania. Od roku 1937 Szwecja posiada program regularnego wykonywania zdjęć lotniczych. Wtedy to zadecydowano o wykonywaniu gospodarczej mapy Szwecji metodą fotogrametryczną. Od około 1950 roku, rozpoczęto wykonywanie metodami fotogrametrycznymi również mapy wielkoskalowe ze zdjęć lotniczych wykonanych z niskiej wysokości. Rozpoczęto też wtedy w latach 50-tych stosowanie fotointerpretacji w leśnictwie, przy opracowywaniu map wegetacyjnych i glebowych, a także przy opracowywaniu podkładów bazowych dla potrzeb planowania.

Zdjęcia lotnicze wykonywane są głównie przez państwowe przedsiębiorstwo National Land Survey oraz obecnie także przez przedsiębiorstwa prywatne. Wykonywanie map metodami fotogrametrycznymi jest domeną prywatnych firm usługowych. Fotointerpretacja jest częścią procesu planowania i podstawą w ogólnokrajowym programie wykonywania map wegetacyjnych i geologicznych. Użycie zdjęć lotniczych w planowaniu jest obecnie rutynowe i wykorzystuje przydatność fotogrametrii i fotointerpretacji, zwłaszcza w ujęciu stereoskopowym.

Zestawiając zastosowanie zdjęć lotniczych i map wykonanych na ich podstawie dla potrzeb planowania, można wydzielić cztery następujące grupy rodzajów zastosowań:

- 1) Źródło informacji poprzez fotointerpretację zdjęć;
- 2) Baza dla planowania z wykorzystaniem cyfrowego modelu terenów i systemów informacji geograficznej;
- 3) Podkład dla prezentacji planów, w postaci rysunków wektorowych nałożonych na ortofotomapę;
- 4) Ilustracja planów z użyciem zdjęć nachylonych (nawet rzędu 45 stopni) i rysunków perspektywicznych).

13.3.2 Studia urbanistyczne i historyczne użytkowania terenu

Stosując fotointerpretację, można wnioskować o rodzaju użytkowania terenu. Najważniejsze formy i sposoby użytkowania terenu jakie można uzyskać ze zdjęć lotniczych to:

- a) Topografia i geomorfologia;
- b) Gleby, geotechnika i geologia;
- c) Hydrografia i podmokłość terenów;
- d) Wegetacja i lasy;
- e) Budynki, sposób użytkowania terenu i infrastruktura terenowa.

Mozna tutaj wydzielić cztery zasadnicze grupy zastosowań zdjęć lotniczych a mianowicie:

- 1) Urbanistyczna fotointerpretacja zdjęć lotniczych dla inwentaryzacji budownictwa;
- 2) Określanie wieku budynków na podstawie obrazów ich fasad;
- 3) Określanie liczby mieszkańców na wybranym obszarze;
- 4) Badania archeologiczne i baza danych o krajobrazie terenowym w ujęciu historycznym.

Projekty obejmujące sposoby użytkowania terenu włączają również inwentaryzację środowiska naturalnego. Dla Sztokholmu wykonuje się wielkoskalowe kolorowe zdjęcia lotnicze 1:4k z wysokości 600m, przy zachmurzonej pogodzie, co pozwala wyeliminować cienie. Daje to w konsekwencji dobry wgląd w zabudowę mieszkaniową, podwórka, umożliwiając inwentaryzację typów budynków, ich wiek, przeznaczenie i rozróżnienie otoczenia.

Inwentaryzacja urbanistyczna budynków przewiduje następujące elementy klasyfikacyjne:

- 1) Miejsce parkingowe
 - a) liczba stanowisk/budynek
 - b) liczba zaparkowanych samochodów/budynek
- 2) Przeznaczenie i użytkowanie budynku
 - a) biurowy
 - b) mieszkalny
 - c) inny
- 3) Wiek budynku
- 4) Usytuowanie budynku
 - a) wzdłuż ulicy
 - b) w oficynie
 - c) narożny
- 5) Fasada i dach
 - a) rodzaj materiału
 - b) kolor
- 6) Podwórko
 - a) powierzchnia
 - b) roślinność
 - c) zabudowa
 - d) parking

Zdjęcia lotnicze są regularnie wykorzystywane do badań archeologicznych służąc do zrobienia pierwszej dokumentacji znaleziska archeologicznego. Przy planowaniu i eksploatacji dróg i kolei używa się zdjęć do sprawdzenia występowania miejsc archeologicznych w pobliżu tych tras. Według szwedzkiego prawa, użytkownik terenu musi zapłacić koszty odsłonięcia miejsca archeologicznego. Używane są zarówno dostępne wielko-skalowe i średnio-skalowe, barwne zdjęcia lotnicze, jak i wykonywane specjalnie dla celów archeologicznych zdjęcia naczylone z wysokości kilkuset metrów.

Całościowy obraz kulturowy krajobrazu może być interpretowany porównawczo ze starych (1940) i aktualnych zdjęć lotniczych, zazwyczaj czarno-białych w skali 1:30k. Rezultaty fotointerpretacji są wprowadzane do komputerowej bazy danych według wieku miejsca archeologicznego. Dane te mogą być z kolei kombinowane z danymi ze starych map katastralnych istniejących w Szwecji od XVII wieku. Pozwala to na całościowe zrozumienie zmian w krajobrazie.

13.3.3 Mapy wegetacyjne

W problematyka wykorzystania zdjęć lotniczych dla celów związanych z wegetacją poruszone są cztery zagadnienia:

- 1) Zróżnicowanie wegetacji i typów gleb w funkcji wysokości położenia;
- 2) Klasyfikacja wegetacji w procesie fotointerpretacji;
- 3) Szwedzkie mapy wegetacyjne;
- 4) Wielko-skalowa inwentaryzacja drzew w miastach.

Wraz ze zmianą wysokości następują zmiany w typie gleby i występującej na niej roślinności.

Najniżej występują gleby piaszczyste, drobnoziarniste osady i grunty bagniste. Rosną na nich lasy świerkowe i liściaste, ziola, rośliny bagienne. Wyżej występują grunty morenowe z głazami narzutowymi pokryte lasami mieszanymi i młodnikami. Najwyżej są skały i żwiry porośnięte lasami sosnowymi i krzakami.

Punktem wyjścia do wykonywania poprawnych map wegetacyjnych ze zdjęć lotniczych jest zrozumienie kompleksowości wzajemnych relacji pomiędzy topografią, typem gleby, wilgotnością gleby i rodzajem wegetacji. Nieskomplikowany schemat klasyfikacyjny został opracowany i może być stosowany przez każdego planistę. Według niego, wegetacja podzielona jest na dziewięć następujących klas:

- 1) Lasy sosnowe
- 2) Lasy jodłowe
- 3) Lasy liściaste
- 4) Lasy mieszane
- 5) Wyřęby
- 6) Łąki
- 7) Torfowiska
- 8) Bagna
- 9) Użytki

Ważnym jest aby wypracować dla siebie własne doświadczenie w stosowaniu powyższego schematu klasyfikacyjnego.

Mapy wegetacyjne w północnej Szwecji (górzystej i lesistej) wykonywane są z kolorowych, podczerwonych zdjęć lotniczych w skali 1:60k, z użyciem interpretoskopu. Wyniki interpretacji są testowo sprawdzane w terenie. Mapy wegetacyjne są drukowane w skali 1:50k, mając za odniesienie topograficzną mapę Szwecji. Na mapach tych występuje szczegółowa klasyfikacja obejmująca kilkadziesiąt klas i podklas. Mapy te obejmują z grubsza 100k km².

Inwentaryzacja drzew w miastach ma na celu dbanie o zdrowotność drzew, lokalizowanie i zastępowanie drzew chorych i uschniętych nowymi, zdrowymi. Każde drzewo jest oceniane pod względem zdrowotności poprzez fotointerpretację podczerwonych, barwnych zdjęć lotniczych w skali 1:4k. Stan zdrowotności jest wyrażany symbolem kartograficznym.

13.3.4 Szacowanie lasów

Mapy leśne wykonywane są w Szwecji na podstawie czarno-białych zdjęć lotniczych w skali 1:30k. Obecnie powszechnie używane są ortofotomapy jako podkład mapy leśnej. Meto-

da inwentaryzacji lasu na podstawie fotointerpretacji zdjęć lotniczych została opracowana w przedsiębiorstwie państwowym National Land Survey. Bardzo pomocne są statystyki lasu w formie wykresów i tabel podające zależności pomiędzy wysokością i wiekiem lasu, oraz pomiędzy wiekiem lasu a średnią średnicą drzewa w danym obrębie. Zależności zebrano dla różnych klas bonitacyjnych, trzech różnych typów lasów i różnych części Szwecji.

Pomiary instrumentalne wykonuje doświadczony stereo-operator, posiadający wiedzę o leśnictwie. Pomiary wysokości lasu wykonuje się z dużą wiarygodnością, co jest pomocą dla oceny innych danych o drzewach, będących w zależności od wysokości (średnica, wiek). Dla każdego obrębu bonitacyjnego można w konsekwencji obliczyć masę drewna zawartego w lesie rosnącym na wydzielonej powierzchni. To z kolei może być przeliczone na wartość pieńzną.

13.3.5 Mapy geologiczne i glebowe

Wykonywanie map glebowych jest jednym z trudniejszych zastosowań fotointerpretacji zdjęć lotniczych. Interpretacja bazuje na wnioskowaniu ze zróżnicowań tonów, barw, struktury i tekstury powierzchni, typu wegetacji itd. Zasadnicze klasy gleb w Szwecji są następujące:

- 1) Skały
- 2) Moreny
- 3) Żwiry
- 4) Osady drobnoziarniste
- 5) Gleby organiczne.

Rozpoznanie geotechniczne dla określenia parametrów nośnych gruntu pod budynki i konstrukcje, lub poszukiwanie dostępnych złóż żwiru, są wykonywane na drodze fotointerpretacji zdjęć lotniczych w skalach 1:10k - 1:20k w połączeniu z badaniem próbek terenowych pobieranych wierceniami.

Mapy geologiczne oparte są również o fotointerpretację zdjęć lotniczych w skali 1:30k i badania terenowe polegające na wierceniach i badaniu próbek gruntu. Ogólna mapa geologiczna Szwecji wykonywana jest w skali 1:50k. Obecnie obejmuje około 1/4 obszaru południowej Szwecji.

13.3.6 Fotogrametryczne wykonywanie map wielko-skalowych

Mapy w skalach 1:400 - 1:1k wykonywane są z czarno-białych i kolorowych zdjęć lotniczych w skalach 1:4k - 1:8k zrobionych z wysokości 600 - 1 200 m. Typowym produktem jest mapa podstawowa będąca bazą dla planowania i realizacji projektów. Technologie wykonywania map regulowane są odpowiednimi instrukcjami i wytycznymi technicznymi. Cyfrowe wysokościowe modele terenu DEM są wykonywane również metodą fotogrametryczną.

Ciągle jeszcze wykorzystywane są fotogrametryczne przyrządy analogowe, obok analitycznych i coraz powszechniejszych komputerowych cyfrowych stacji fotogrametrycznych. Z historycznego punktu widzenia, rozwój technologii fotogrametrycznych można podzielić na cztery etapy:

- 1) Fotogrametria punktowa bazująca na pomiarach na stereokomparatorach;
- 2) Fotogrametria analogowa bazująca na fizycznej rekonstrukcji i przetwarzaniu modelu, z graficznym produktem przetwarzania;
- 3) Fotogrametria analityczna bazująca na matematycznej rekonstrukcji modelu ze zdjęć analogowych;
- 4) Fotogrametria cyfrowa bazująca na rekonstrukcji modelu i przetwarzaniu obrazów cyfrowych w cyfrowych stacjach fotogrametrycznych.

13.3.7 Mapy średnio i drobno-skalowe

Od 1937 wykonywana jest mapa gospodarcza Szwecji jako ortofotomapa w skali 1:10k (z wyjątkiem terenów górskich). Ponieważ dla całej Szwecji jest aż 13k arkuszy tej mapy, dlatego obecnie drukuje się mapę gospodarczą w skali 1:20k w kolorach, z ortofotografią jako bazą i treścią wektorową i tekstową jako informacją dodatkową.

Mapa topograficzna Szwecji w skali 1:50k również bazuje na wykorzystaniu zdjęć lotniczych. Normalna wysokość lotu jest 4 600 m dająca skalę zdjęć 1:30k. W północnej, górzyściej części Szwecji stosuje się zdjęcia wykonywane z wysokości 9 200 m dające skalę zdjęć 1:60k. Około 10k zdjęć wykonywane jest każdego roku. Wszystkie negatywy są przechowywane w archiwum przedsiębiorstwa National Land Survey w Gävle. Każdy może zamówić i kupić wtórники negatywów, diapozytywów, odbitki stykowe, powiększenia i ortofotomapy.

13.3.8 Zdjęcia nachylone

Używane są zarówno zdjęcia wykonane jako nachylone jak i normalne zdjęcia fotogrametryczne, przetworzone do nachylonego na podstawie cyfrowego modelu wysokościowego DEM. Można przy tym zadać dowolny punkt i kierunek oglądania. Poprzez superimpozycję takich zdjęć oraz planowanych projektów i napisów objaśniających (np. drogi, kolei, nowego pasa startowego lotniska, osiedla mieszkaniowego itd.). Ułatwia to ocenę projektu i podjęcie decyzji odnośnie wariantu realizacyjnego.

13.3.9 Termografia lotnicza

Wykonywane są zobrażenia termalne kamerami termowizyjnymi dla badania ubytków ciepła z budynków mieszkalnych, przewodów ciepłowniczych, instalacji technologicznych.

Zobrazowania termalne przydatne są także i stosuje się je w Szwecji w badaniach wilgotności gruntu dla celów agrotechnicznych oraz geotechnicznych.

13.4 LITERATURA

Aldrich F T, 1981. Land Use Data and their Acquisition: In Lounsbury J L, Sommers L M, Fernald E A, *Land Use: A Spatial Approach*. Kendall-Hunt Publishing Company: Dubuque, Iowa, USA and Toronto, Ontario, Canada, pp. 79-95.

Anderson J R, 1971. Land Use Classification Schemes, *Photogrammetric Engineering*, 37, pp. 379-387.

Anderson J R, Hardy E E, Roach J T, Witmer R E, 1976. *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*, Geological Survey Professional Paper, 1964, US Government Printing Office, Washington, DC.

Boberg A, 1997. *Lecture Notes on Swedish Applications of Aerial Photographic Interpretation and Aerial Photogrammetric Mapping*, Royal Institute of Technology, Stockholm, prepared for Swedesurvey, Gävle.

Bradford J, 1957. *Ancient Landscape: Studies in Field Archaeology*, G. Bell, London.

Campbell J B, 1983. *Mapping the Land Aerial Imagery for Land Use Information*. Resource Publications in Geography, Association of American Geographers, Washington, DC.

Encyklopedia Powszechna 1983, PWN, Warszawa.

Florek R, Henderson P, 1994. *Photogrammetric Processing of Photographs Taken with Non-metric Cameras, Using Analytical and Digital Stereo Restitutors with Reference to an Archaeological Study*, University of Cape Town, 50 pp.

Fridman R, Berelson B, 1974. The human population, *Scientific American* 231, pp.31-39

Hampton J N, 1974. An Experiment in Multispectral Air Photography for Archaeological Research, *Photogrammetric Record* 8: pp. 37-64

Hsu S Y, 1971. Population Estimation, *Photogrammetric Engineering*, 37, pp. 449-454.

Kraus S P, Senger L W, Ryerson J M, 1974. Estimating Population from Photographically determined Residential Land Use Types, *Remote Sensing of Environment*, 3, pp.35-42.

Lo C P and Chan H F, 1980. Rural population Estimation from Aerial Photographs, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46, pp.337-345.

Lo C P 1991. *Applied Remote Sensing*, Longman, New York, 393 pp.

Stamp L D, 1960. *Applied Geography*. Penguin: Harmondsworth, UK.

St. Joseph J K S, 1977. Air Photography and Archaeology, *The Uses of Air Photography*, London, pp. 135-153.

14. KOMPUTEROWY SYSTEM EWIDENCJI ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Dariusz Gotlib

14.1 GŁÓWNE ZADANIA KOMPUTEROWEGO SYSTEMU EWIDENCJI ZDJĘĆ LOTNICZYCH

W zasobie zdjęć lotniczych Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej znajduje się ponad 1 500 000 zdjęć (wykonanych w ramach ok. 2 300 tzw. robót fotogrametrycznych). Są to zdjęcia o różnych parametrach, wykonane na przestrzeni ostatnich 45 lat. Dla określonego fragmentu powierzchni kraju można odnaleźć zdjęcia pochodzące z kilku, kilkunastu czy nawet kilkudziesięciu robót różniące się m.in. datą wykonania, skalą, formatem, rodzajem emulsji. Wyszukanie odpowiednich danych w tak dużym zasobie CODGiK przy użyciu tradycyjnych metod jest czasochłonne. W przypadku kiedy użytkownik zna dokładnie datę wykonania zdjęć lub nazwę roboty fotogrametrycznej oraz dokładnie określi na mapie teren dla którego chce uzyskać pokrycie zdjęciami czas wyszukania jest stosunkowo krótki. Procedura ta znacznie komplikuje się jeżeli użytkownik chce najpierw uzyskać informację o wszystkich zdjęciach dostępnych dla określonego terenu a dopiero później wybrać materiały najlepiej pasujące do jego potrzeb. Dlatego też dla usprawnienia pracy CODGiK oraz umożliwienia użytkownikom łatwiejszego i szybszego wglądu w zgromadzony zasób zdjęć lotniczych, w ramach projektu PHARE wykonany i uruchomiony został komputerowy System Ewidencji Zdjęć Lotniczych (nazwa robocza SEZEL). System został zaprojektowany przede wszystkim jako system obsługujący ewidencję zdjęć lotniczych w CODGiK. Realizuje on 3 podstawowe zadania:

- wprowadzanie danych (kilkoma metodami),
- wyszukiwanie danych,
- obsługa zleceń.

W dalszej części omówione zostaną jedynie funkcje wyszukiwania danych, jako istotne z punktu widzenia potencjalnych nabywców i użytkowników zdjęć lotniczych.

14.2 BAZA DANYCH SYSTEMU SEZEL

W komputerowym systemie ewidencji zdjęć lotniczych zgromadzone zostały informacje zarówno o charakterze opisowym jak i przestrzennym o wszystkich robotach fotolotniczych wykonanych od 1954 roku do chwili obecnej, których wyniki zostały przekazane do zasobu CODGiK. Informacje opisowe dotyczą podstawowych parametrów i właściwości zdjęć lotniczych. Dane zostały wprowadzone i mogą być wprowadzane do systemu na dwóch poziomach szczegółowości:

- na poziomie pojedynczych zdjęć (poziom A),
- na poziomie zespołów zdjęć (poziom B).

Wszystkie „roboty” wykonane po 1994 roku wprowadzone zostały do systemu na poziomie szczegółowości A, natomiast przed rokiem 1994 na poziomie szczegółowości B. W tym drugim przypadku w bazie danych znajduje się informacja o karcie ewidencyjnej zawierającej szczegółowe dane dotyczące pojedynczych zdjęć. Informacje przestrzenne wprowadzone do systemu pozwalają na wizualizację zasięgu zespołu zdjęć¹ lub pojedynczego zdjęcia na tle mapy wektorowej lub podkładu rastrowego zarządzanych z poziomu systemu SEZEL. Mapa

¹ W systemie SEZEL jako zespół zdjęć rozumie się spójny pod względem parametrów (daty wykonania, parametrów kamery, samolotu, wykonawcy, skali i formatu zdjęć itd.) fragment roboty fotogrametrycznej. „Robota” może składać się z jednego lub z kilku zespołów zdjęć.

wektorowa została wykonana przez wektoryzację wybranych elementów mapy topograficznej w skali 1 : 200 000. Dodatkowo wprowadzony został podział administracyjny kraju do poziomu gminy włącznie. Podkład rastrowy stanowią zeskanowane arkusze map topograficznych w skali 1 : 200 000 a dla wybranych miast w skali 1 : 50 000.

14.3 METODY WYSZUKIWANIA DANYCH

System SEZEL pozwala na wyszukiwanie zdjęć lotniczych na podstawie kryteriów opisowych, przestrzennych lub przestrzenno-opisowych definiowanych przez użytkownika. Zdefiniowanie warunku wyszukiwania odbywa się zwykle w kilku etapach:

- 1) Określenie w sposób przybliżony lub szczegółowy terenu dla którego mają zostać wyszukane zdjęcia (warunek przestrzenny).

System umożliwia wykonanie tego zadania poprzez wybór nazwy obiektu geograficznego z odpowiedniej listy (rys 1). Wybór nazw kilku obiektów pozwala na zawężenie obszaru poszukiwań. Np. wybranie w polu WOJEWÓDZTWO nazwy „olsztyńskie” oraz w polu DROGA numeru „16” pozwala na znalezienie zdjęć pokrywających swym zasięgiem odcinek drogi nr 16 w obrębie województwa olsztyńskiego.

Ograniczenie obszaru poszukiwań zdjęć do wybranego obiektu:

Województwo: OLSZTYŃSKIE

Gmina:

Miasto:

Wieś:

Droga (nr krajowy): 16

Rzeka:

Jezioro:

Park narodowy:

Park krajobrazowy:

Godło mapy:

Układ współrzędnych:

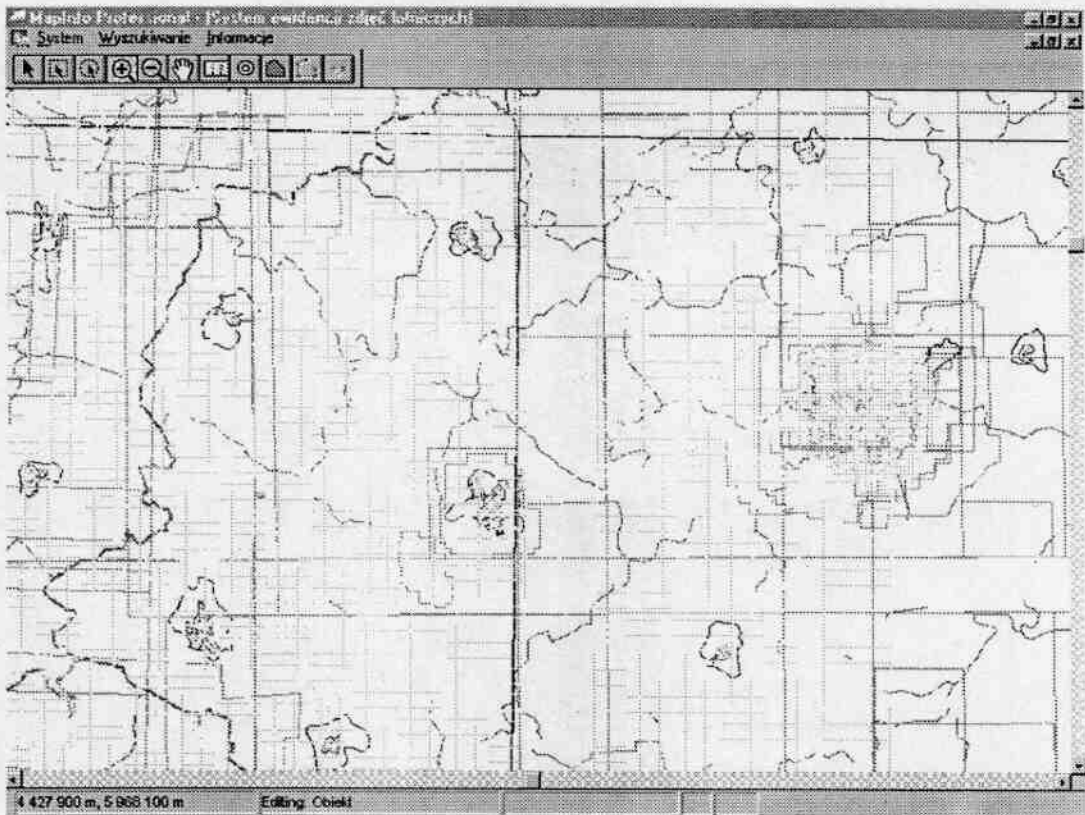
Skala 1:

Kontynuuj Rezygnuj

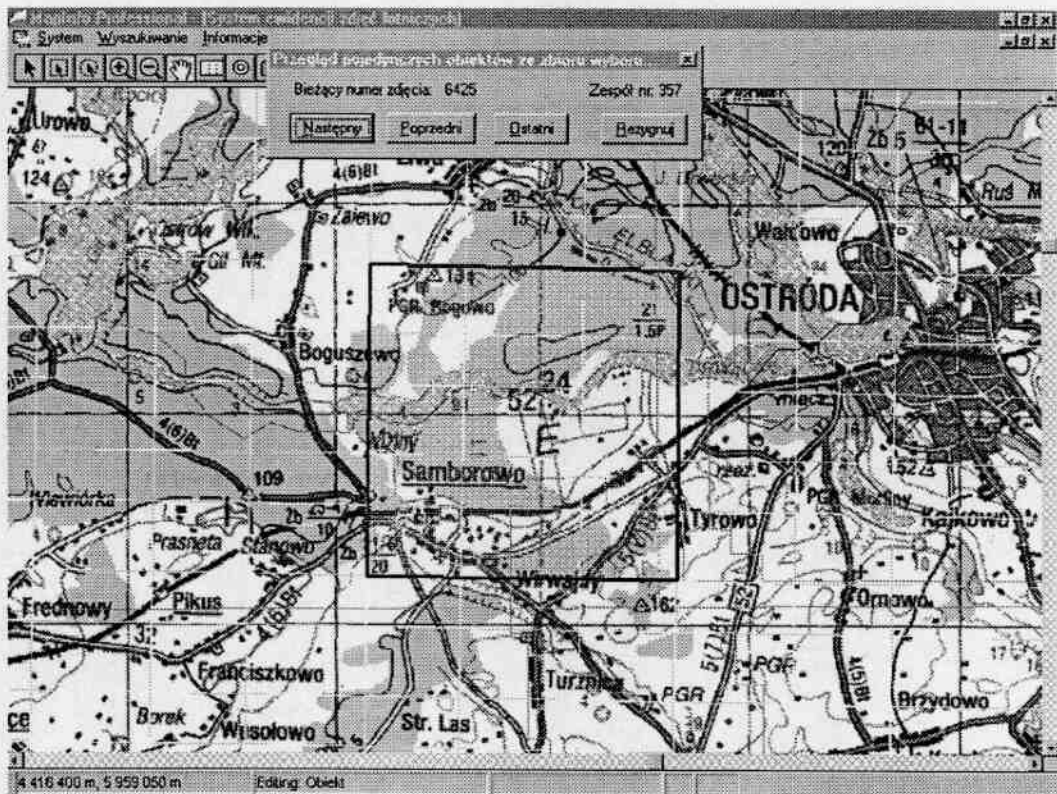
Rys. 1

Zasięgi wyszukanych zdjęć można oglądać na tle mapy wektorowej (rys.2) lub wektorowo-rastrowej (rys.3).

- 2) Jeżeli użytkownik oczekuje informacji o zdjęciach pokrywających bardziej specyficzny obszar niż możliwy do określenia przy pomocy list wyboru, może dokonać tego jedną z kilku dodatkowych metod:
 - poprzez wskazanie na mapie kursorem poszczególnych zasięgów zdjęć,
 - poprzez wskazanie na mapie punktu i podanie promienia w obrębie którego mają zostać wyszukane zdjęcia,
 - poprzez narysowanie na mapie wielokąta i wyszukanie wszystkich zdjęć o środkach rzutu zawartych w narysowanym wielokącie lub zdjęć mających z nim co najmniej jeden punkt wspólny, bądź zdjęć całkowicie w nim zawartych.



Rys. 2



Rys. 3

- 3) Po stwierdzeniu poprawności wyboru, w kolejnym etapie, poprzez wywołanie odpowiedniej funkcji z menu następuje zamknięcie mapy i wywołanie okna dialogowego umożliwiającego obejrzanie listy wszystkich robót do których należą wybrane zdjęcia oraz ograniczenie zbioru

ru wyboru m.in. poprzez podanie przedziału czasowego i przedziału skalowego zdjęć (rys. 4).

Rys. 4

- 4) Efektem uruchomienia funkcji wyszukiwania (przycisk „Znajdź”) jest otworzenie okna dialogowego ze szczegółowym opisem wybranych zespołów zdjęć (rys. 5).

Nr zdjęcia	X	Y	Nr szeregu	Maskowane	Jakość	Uwagi
188	5963636	4462584	6		Bardzo dobra	
189	5964098	4462585	6		Bardzo dobra	
190	5964561	4462587	6		Bardzo dobra	
191	5965024	4462589	6		Bardzo dobra	
192	5965486	4462591	6		Bardzo dobra	
193	5965949	4462593	6		Bardzo dobra	

Rys. 5

14.4 ZAKRES INFORMACJI ZWIĄZANYCH Z ZESPOŁAMI ZDJĘĆ

Wśród wielu informacji opisowych związanych z poszczególnymi zespołami zdjęć w systemie ewidencji zdjęć lotniczych najważniejszymi z punktu widzenia użytkownika są:

- data wykonania
- skala
- format
- rodzaj emulsji
- pokrycie podłużne i poprzeczne.

Ponadto w zależności od poziomu szczegółowości z jakim dany zespół został wprowadzony do systemu wyświetlane są następujące informacje:

- dla poziomu A: o szeregach zdjęć z których złożony jest zespół zdjęć (numery szeregów, numery zdjęć początkowych i końcowych w szeregach, współrzędne B i L środków rzutów zdjęć początkowych i końcowych) oraz o zdjęciach do niego należących (numery zdjęć, współrzędne X i Y środków rzutów, ocena jakości i uwagi związane z poszczególnymi zdjęciami),
- dla poziomu B: o współrzędnych załamania granic zespołu zdjęć.

Z punktu widzenia użytkownika systemu bardzo ważne są dwie funkcje realizowane poprzez uruchomienie przycisków ekranu edycyjnego zespołów zdjęć. Wciśnięcie przycisku „Pokaż na mapie” powoduje otwarcie okna mapy, wyszukanie i zaznaczenie zasięgu bieżącego zespołu zdjęć. Podświetlenie przy użyciu kursora w tabeli określonego zdjęcia należącego do bieżącego zespołu zdjęć oraz naciśnięcie odpowiedniego przycisku może spowodować wyświetlenie obrazu rastrowego² tego zdjęcia (tylko na poziomie szczegółowości A).

Pozostałe dane przydatne są przede wszystkim pracownikom Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej zarządzającego zasobem zdjęć lotniczych. Pozwalają one m.in. na uzyskanie informacji o istniejących materiałach pochodnych (kopiach papierowych, plikach rastrowych itp.), miejscu ich przechowywania (również oryginałów), parametrach kamery i samolotu którym wykonano zdjęcia, rodzaju zasobu zdjęć itp.

14.5 FUNKCJE POMOCNICZE DOSTĘPNE W SYSTEMIE

System SEZEL udostępnia cały szereg pomocniczych funkcji usprawniających korzystanie z systemu. Funkcje te przede wszystkim związane są z oknem mapy. Można je znaleźć w menu w prawie każdym przypadku kiedy w systemie otwierana jest mapa. Funkcje te pozwalają na:

- zmianę powiększenia mapy,
- odczyt współrzędnych prostokątnych położenia kursora w układzie współrzędnych Pułkowo 1942,
- pomiar odległości na mapie w metrach,
- dodanie do widoku obrazu rastrowego mapy,
- wydruk wybranego fragmentu mapy wektorowej wraz z podkładem rastrowym,
- uzyskiwanie informacji o nazwie lub numerze wybranego na mapie obiektu (województwa, gminy, miasta, wsi, rzeki, jeziora, drogi, parku narodowego lub krajobrazowego, arkusz mapy).

² Prace polegające na przygotowaniu i udostępnieniu odpowiednich plików rastrowych zdjęć wykonanych po 1994 roku są dopiero w początkowej fazie realizacji i zostaną zakończone nie wcześniej niż za kilka miesięcy. Udostępniony obraz rastrowy powstanie poprzez zeskanowanie z niską rozdzielczością (przeglądową) diapoztywów zdjęć.

System umożliwia też wyszukiwanie obiektów geograficznych poprzez ich wybranie z odpowiedniej listy wyboru oraz na tworzenie map tematycznych.

14.6 MOŻLIWOŚCI KORZYSTANIA Z KOMPUTEROWEGO SYSTEMU EWIDENCJI ZDJĘĆ LOTNICZYCH

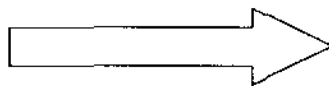
System SEZEL zainstalowany został w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie. Obsługiwany jest przez pracowników CODGiK. Wykorzystanie systemu skraca znacznie czas oczekiwania na informację o zdjęciach pokrywających określony przez osobę lub instytucję zamawiającą obszar. Skrócenie tego czasu z kilku dni do kilku minut pozwala również na uzyskanie tego typu informacji przez telefon. Realizacja zlecenia (np. wykonanie skanowania, odbitki stykowej lub powiększenia) możliwa jest po wcześniejszym złożeniu zamówienia w CODGiK i określeniu kryteriów jakie powinny spełniać zamawiane zdjęcia. Dotyczy to zarówno cech opisowych (daty, skali, formatu itp.) jak i przestrzennych (zasięgu przestrzennego). W tym drugim przypadku należy zaznaczyć wybrany obszar na odbitce kserograficznej mapy topograficznej lub określić ten zasięg słownie np. „zdjęcia pokrywające rzekę Węgierkę w obrębie gminy Przasnysz”.

W zależności od stopnia zainteresowania wykorzystaniem zdjęć lotniczych i korzystania z systemu SEZEL rozpatruje się możliwość udostępnienia wybranych funkcji systemu poprzez INTERNET lub instalację kopii systemu w Wojewódzkich Ośrodkach Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

15. UDOSTĘPNIANIE ZDJĘĆ LOTNICZYCH Z PAŃSTWOWEGO ZASOBU GEODEZYJNEGO I KARTOGRAFICZNEGO

Grażyna Twardowska

Państwowy zasób fotogrametrycznych zdjęć lotniczych znajduje się w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie.



Centralny Ośrodek Dokumentacji
Geodezyjnej i Kartograficznej
ul. Żurawia 3/5 00-926 Warszawa

tel. 661 80 53 fax. 621 24 05
661 80 71 628 72 37

Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej został utworzony 1 stycznia 1991 r. w wyniku stosownej decyzji Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa, który powierzył Centralnemu Ośrodkowi „gromadzenie i prowadzenie państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, kontrola opracowań przyjmowanych do zasobu oraz udostępnianie tego zasobu zainteresowanym jednostkom i osobom fizycznym” zgodnie z Art. 40 Ustawy z dnia 17 maja 1989 r. - Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. Nr 30, Poz. 163 - z późniejszymi zmianami. Od 1 stycznia 1997 r. w nowych strukturach organizacyjnych Centralny Ośrodek kontynuuje swoją działalność przy Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii uzupełniając i administrując centralnym państwowym zasobem geodezyjnym i kartograficznym.

Art. 40 ww. Ustawy mówi również, że „państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny służy gospodarce narodowej, obronności państwa, nauce, kulturze i potrzebom obywateli” oraz, że „państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny, składający się z zasobu centralnego i

zasobów wojewódzkich, stanowi własność Skarbu Państwa i jest gromadzony w ośrodkach dokumentacji geodezyjnej i kartograficznych”.

Zasób centralny dotyczący całego kraju, gromadzony w Centralnym Ośrodku, stanowią między innymi:

- oryginały (negatywy, pozytywy i odbitki stykowe) fotogrametrycznych i teledetekcyjnych zdjęć lotniczych oraz obrazy (zdjęcia) satelitarne;
- dokumenty geodezyjne dotyczące pomiaru, obliczeń, przeglądów i konserwacji osnów geodezyjnych poziomych i wysokościowych I i II klasy oraz osnów grawimetrycznych i magnetycznych;
- dokumenty geodezyjne, kartograficzne, fotogrametryczne i teledetekcyjne dotyczące pomiarów i opracowań map topograficznych oraz map tematycznych o znaczeniu ogólnopństwowym.

Zasób zdjęć lotniczych powstał przez zgromadzenie wszystkich fotogrametrycznych zdjęć lotniczych powierzchni kraju wykonanych przez państwową służbę geodezyjną i kartograficzną do opracowań topograficznych i nie-topograficznych.

Również inni wykonawcy zdjęć lotniczych powinni „zasilać” zasób, przekazując ich negatywy do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego w myśl Art. 10 ust. 4 wymienionej na wstępie Ustawy.

Obecnie w końcowej fazie opracowywania jest rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej „w sprawie sposobu pozyskiwania i rejestrowania oraz warunków udostępniania fotogrametrycznych i teledetekcyjnych zdjęć lotniczych, a także zdjęć satelitarnych”, które uregułuje przekazywanie do państwowego zasobu zdjęć lotniczych finansowanych ze środków publicznych.

Zgromadzony w Centralnym Ośrodku zasób materiałów fotogrametrycznych liczy około 1,5 miliona zdjęć lotniczych. W przeważającej części są to zdjęcia lotnicze wykonane do opracowań lub aktualizacji mapy topograficznej metodami fotogrametrycznymi.

W zależności od przeznaczenia i kamery lotniczej zdjęcia wykonywane były w skalach średnich do opracowywania metodami fotogrametrycznymi map topograficznych i skalach dużych dla potrzeb mapy zasadniczej.

Pierwsze zdjęcia (negatywy czarno-białe) wykonane były w roku 1954 w skali 1 : 8 000 kamerą o ogniskowej 210 mm i formacie 18 × 18 cm.

Do 1993 r. wykonywane były negatywy czarno-białe. Z chwilą uruchomienia w Centralnym Ośrodku laboratorium obróbki fotochemicznej barwnych filmów lotniczych w zasobie pojawiły się pierwsze barwne negatywy i diapozytywy.

Szczególne zbiory stanowią diapozytywy barwne wykonywane i przekazywane do zasobu w ostatnich trzech latach w ramach „Programu PL 9206 LIS” opracowanego przez dr inż. Remigiusza Piotrowskiego i finansowanego z programu pomocy Unii Europejskiej dla krajów Europy Wschodniej i Środkowej - PHARE. Program założył pokrycie całej Polski aktualnymi zdjęciami lotniczymi w skali 1 : 26 000 i 10 miast w skali 1 : 5 000. Zdjęcia wykonane w latach 1995, 1996 i 1997, pokrywają obecnie 80% powierzchni Polski, zawierają aktualną informację o terenie i mogą służyć do wykonywania zadań administracji państwowej, dużych inwestycji ogólnokrajowych, ale także wszystkim użytkownikom, którzy informację tą potrafią wykorzystać w swojej pracy.

Oprócz wymienionych już zdjęć lotniczych w zasobie znajdują się zdjęcia wykonywane do prac nietopograficznych. Są to np. wykonywane w różnych latach naloty wstępowe na rzekę Wisłę, zdjęcia obiektów np. kopalnia odkrywkowa węgla brunatnego w Bełchatowie, zbiornik osadowy kopalni Lubin oraz przyjęte w ostatnich latach zdjęcia lotnicze wykonane wzdłuż

przebiegu planowanych autostrad, a także zdjęcia wykonane w lipcu 1997 r. terenów dotkniętych klęską powodzi wzdłuż rzeki Odry i górnego biegu Wisły.

Tak więc posiadamy zdjęcia lotnicze całej Polski, dla wielu obszarów nawet kilkakrotnie, wykonane w różnych latach. Jest to szczególnie przydatne dla śledzenia zmian na przestrzeni lat.

Przez wiele lat zdjęcia lotnicze trafiające do zasobu otrzymywały klauzulę „tajne” i mogły z nich korzystać tylko osoby upoważnione do pracy na materiałach zawierających tajemnicę państwową i służbową. Obecnie zdjęcia lotnicze są „odtajnione”; polega to na sprawdzeniu i wymaskowaniu obiektów zastrzeżonych, jeśli takie znajdują się na zdjęciu. Dzięki temu zdjęcia lotnicze stały się dostępne dla wszystkich osób zainteresowanych korzystaniem z informacji na nich zawartych.

W celu sprawnego zarządzania i udostępniania takiego zbioru zdjęć lotniczych, w ramach wspomnianego już programu PHARE opracowywany jest i wkrótce będzie przekazany do Centralnego Ośrodka komputerowy system ewidencji zdjęć lotniczych. Program ten pozwoli na szybkie informowanie klientów o posiadanych w zasobie zdjęciach lotniczych. Informacja jest bezpłatna i może być przekazywana telefonicznie.

Zdjęcia lotnicze z państwowego zasobu są udostępniane wszystkim zainteresowanym zgodnie ze złożonym zamówieniem.

„Reprodukowanie, rozpowszechnianie i rozprowadzanie materiałów fotogrametrycznych i teledetekcyjnych, stanowiących państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny wymaga zezwolenia” Głównego Geodety Kraju, zgodnie z Art. 18 cytowanej Ustawy.

Posiadany zasób zdjęć lotniczych przechowywany jest w Centralnym Ośrodku w specjalnie przystosowanym do tego celu, klimatyzowanym archiwum. Oryginały negatywów czarno-białych są pocięte na klatki, posegregowane robotami i opisane godłami. Obecnie od kilku lat wszystkie filmy trafiające do zasobu pozostają na rolkach.

Udostępniając zdjęcia lotnicze z zasobu Centralny Ośrodek wykonuje pełny asortyment usług w zakresie obróbki fotograficznej czarno-białej i barwnej.

Wykonujemy więc diapozytywy i negatywy wtórne czarno-białe, diapozytywy wtórne barwne, odbitki stykowe i powiększenia czarno-białe i barwne, a także, tańsze, kserokopie z odbitek stykowych.

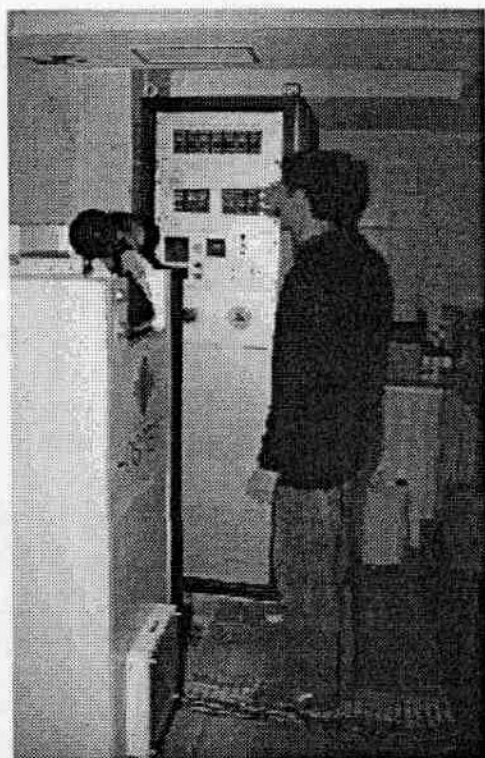
Można też zamówić, coraz częściej wykorzystywane, zdjęcia zeskanowane, a także przetworzone do postaci ortofotomapy.

Centralny Ośrodek jest wyposażony w nowoczesny sprzęt pozwalający świadczyć ww. usługi. Dysponujemy nowoczesnym laboratorium fotograficznym z linią technologiczną do obróbki fotochemicznej czarno-białych i barwnych filmów lotniczych i papierów światłoczułych. Są to w pełni zautomatyzowane procesory firmy Kodak i Hostert, powiększalnik Durst z możliwością sześciokrotnego powiększenia, kopiarki stykowe Scanatron pozwalające automatycznie kopiować rolki filmów na rolki filmu lub papieru.

Skanowanie zdjęć wykonujemy fotogrametrycznym skanerem DSW 200 firmy Leica, zaś przetwarzanie zdjęć na stacji fotogrametrycznej DWP 700 również firmy Leica. Możliwe jest wypożyczanie pomiarowego sprzętu fotogrametrycznego: autografy analityczne, stacja fotogrametryczna, stereoskopy zwierciadlane, a także sprzętu geodezyjnego: total station, GPS do pomiaru osnowy fotogrametrycznej.

W Centralnym Ośrodku można też wywołać naświetlone czarno-białe lub barwne filmy lotnicze.

Przy korzystaniu ze zdjęć lotniczych mogą być przydatne informacje, którymi dysponują zasoby zgromadzone w wojewódzkich ośrodkach dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej - osnowy szczegółowe III i IV klasy, a także ewidencja gruntów i budynków, coraz częściej w postaci numerycznej.



Rys. Procesor Hostert do wywoływania barwnych filmów lotniczych

Cenę udostępniania zdjęcia lotniczego z państwowego zasobu określa rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 15 maja 1990 r. „w sprawie wysokości opłat czynności związanych z prowadzeniem państwowego zasobu ...” (Dz. U. nr 33 poz. 196 z późniejszymi zmianami). Do ceny tej doliczana jest cena usługi fotograficznej, skalkulowane po kosztach własnych.

Tabela

Ceny usług fotograficznych w 1997 r.

L. p.	Nazwa usługi	Jednostka ceny	Cena usługi w PLN
1.	Wywołanie filmu negatywowego cz-b	1 mb	3.90
2.	Wykonanie odbitki stykowej cz-b	1 szt.	6.10
3.	Wykonanie powiększenia cz-b	1 m. kw.	47.30
4.	Wykonanie diapozytywu cz-b	1 szt.	25.60
5.	Wykonanie negatywu wtórnego cz-b	1 szt.	36.20
6.	Wywołanie filmu Kodak 2445 /kolor/	1 mb	34.00
7.	Wywołanie filmu Kodak 2448, 2443 /kolor/	1 mb	41.40
8.	Wykonanie odbitki stykowej z neg. RA-4 /kolor/	1 szt.	10.30
9.	Wykonanie powiększenia z neg. RA-4 /kolor/	1 m. kw.	82.00
10.	Wykonanie odbitki styk. z diapoz. R-3 /kolor/	- 1 szt.	17.50
11.	Wykonanie powiększenia z diapoz. R-3 /kolor/	1 m. kw.	127.00
12.	Wykonanie diapozytywu z negatywu RA-4 /kolor/	1 szt.	19.50
13.	Wykonanie diapozytywu wtórnego /kolor/	1 szt.	39.50

Powyższe ceny nie zawierają podatku VAT.

Do ceny udostępnienia zdjęcia nie jest wliczony koszt nalotu. Bezpłatnie też otrzymują użytkownicy państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego informację zawartą na zdjęciach, która jest niewspółmiernie cenniejsza niż wartość papieru lub filmu.

Ceny umowne na usługi fotoreprodukcyjne

obowiązujące od dnia 1.04.1998 roku.

Wywołanie filmu.

L.p.	Nazwa usługi	Jednostka ceny	Cena* usługi
1.	Film negatywowy czarno-biały	1 m	8.00
2.	Film Kodak 2445	1 m	43.00
3.	Film Kodak 2448, 2443	1 m	48.00

Wykonanie diapozytywu i negatywu wtórnego.

L.p.	Nazwa usługi	Jednostka ceny	Cena* usługi
1.	Diapozytyw czarno-biały	1 szt	33.00
2.	Diapozytyw kolorowy z negatywu (proces RA-4)	1 szt	27.00
3.	Diapozytyw kolorowy wtórny (proces R-3)	1 szt	52.00
4.	Negatyw wtórny czarno-biały	1 szt	43.00

Wykonanie odbitki stykowej.

L.p.	Nazwa usługi	Jednostka ceny	Cena* usługi
1.	Odbitka stykowa czarno-biała	1 szt	9,50
2.	Odbitka stykowa kolorowa z negatywu (proces RA-4)	1 szt	12,00
3.	Odbitka stykowa kolorowa z diapozytywu (proces R-3)	1 szt	21,00

Wykonanie powiększeń czarno-białych.

Format	25x25	24x30	30x40	40x50	50x60	60x60	1 m ²
Cena*	10.00	11.00	13.00	18.00	27.00	32.00	82.00

Wykonanie powiększeń kolorowych z negatywu (proces RA-4)

Format	25x25	24x30	30x40	40x50	50x60	60x60	1 m ²
Cena*	14.00	15.00	18.00	25.00	37.00	45.00	113.00

Wykonanie powiększeń kolorowych z diapozytywu (proces R-3)

Format	25x25	24x30	30x40	40x50	50x60	60x60	1 m ²
Cena*	23.00	24.00	30.00	41.00	62.00	75.00	188.00

*Powyższe ceny nie zawierają podatku VAT

.....
(Zamawiający - pieczęć)

Warszawa, dn.

**Centralny Ośrodek Dokumentacji
Geodezyjnej i Kartograficznej
ul. Żurawia 3/5
00-926 Warszawa
tel.: 661 81 45, fax.: 628 68 85**

Zamówienie Nr

Proszę o wykonanie następujących materiałów fotogrametrycznych*:

załączam mapę z lokalizacją obiektu szt.

Dodatkowych wyjaśnień udzieli, tel.

Oświadczamy, że (nie)jesteśmy płatnikiem VAT i (nie)posiadamy NIP
Upoważniamy was do wystawienia faktury VAT (rachunku uproszczonego) bez naszego podpisu.**

Materiały odbiorę osobiście/ proszę przesłać wraz z rachunkiem/fakturą na adres**
(koszt przesyłki pokrywa odbiorca)

(Podpis zamawiającego)

* proszę podać rodzaj zamawianego materiału (odbitki stykowe, diapozytywy, powiększenia/negatywy wtórne), ilość, w przypadku braku lokalizacji na mapie podać dokładnie zasięg interesującego obszaru, skalę, datę nalotu, pokrycie stereoskopowe tak/nie

★★ **niepotrzebne skreślić**