

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”.

Kraków - Sieradz, luty 1998

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 odwzorowania	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 Objasnienia 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.....	14-6
15. Udostępnianie zdjęć lotniczych z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego.....	15-1

9. ELEMENTY CYFROWEJ FOTOINTERPRETACJI I FOTOGRAMETRII W PRAKTYCE ¹

Krystian Pyka, Stanisław Mularz

9.1 WPROWADZENIE

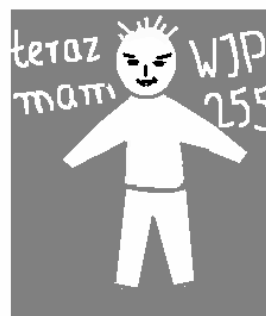
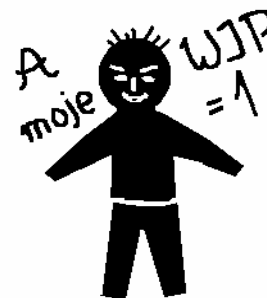
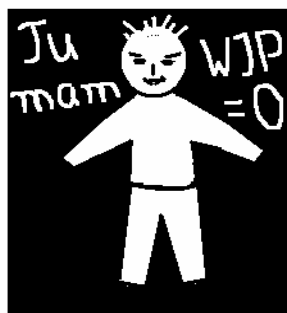
W żargonie komputerowym obrazy cyfrowe określane są jako bitmapy. Nie jest to określenie ani szczęśliwe, ani piękne, ale przytaczamy je aby udowodnić, że będziemy w tym rozdziale mówić o czymś bez czego nie istniał by ani system operacyjny WINDOWS, ani telewizja cyfrowa, o fotogrametrii i fotointerpretacji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

nienia.

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 problemem 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 $R=40$, $G=100$, $B=200$ mamy: $36 \times (40/36) + 6 \times (100/36) + 200/36 = 62$

Zdjęcia lotnicze zawierają relatywnie dużą liczbę kolorów i do tego o dużej głębi. Dlatego po indeksacji zdjęcie jest zubożone kolorystycznie („spłaszczony”). 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 „eksperci” 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 *Commitee 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 „*Bytmapa*” 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 biegle 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 posilkujących się obrazami cyfrowymi.

Po ograniczeniu rozważań do zakresu zdeterminowanego 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 powtórny 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).

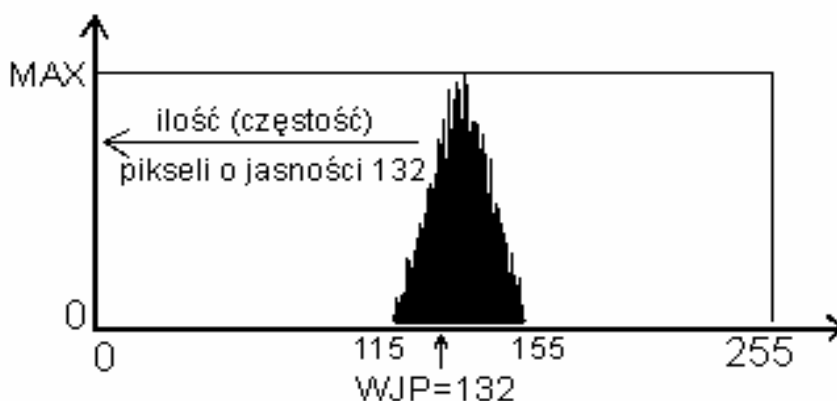
Niestety deniwelacje terenowe bardzo komplikują problem przetworzenia zdjęcia na mapę. Problem ten jest rozwiązywany skutecznie dopiero techniką ortorektyfikacji - rozdział 14 „Ortofotomapa jako kartometryczny produkt przetwarzania zdjęć lotniczych oraz jako element bazowy systemów geoinformacyjnych”, 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. 9.9).

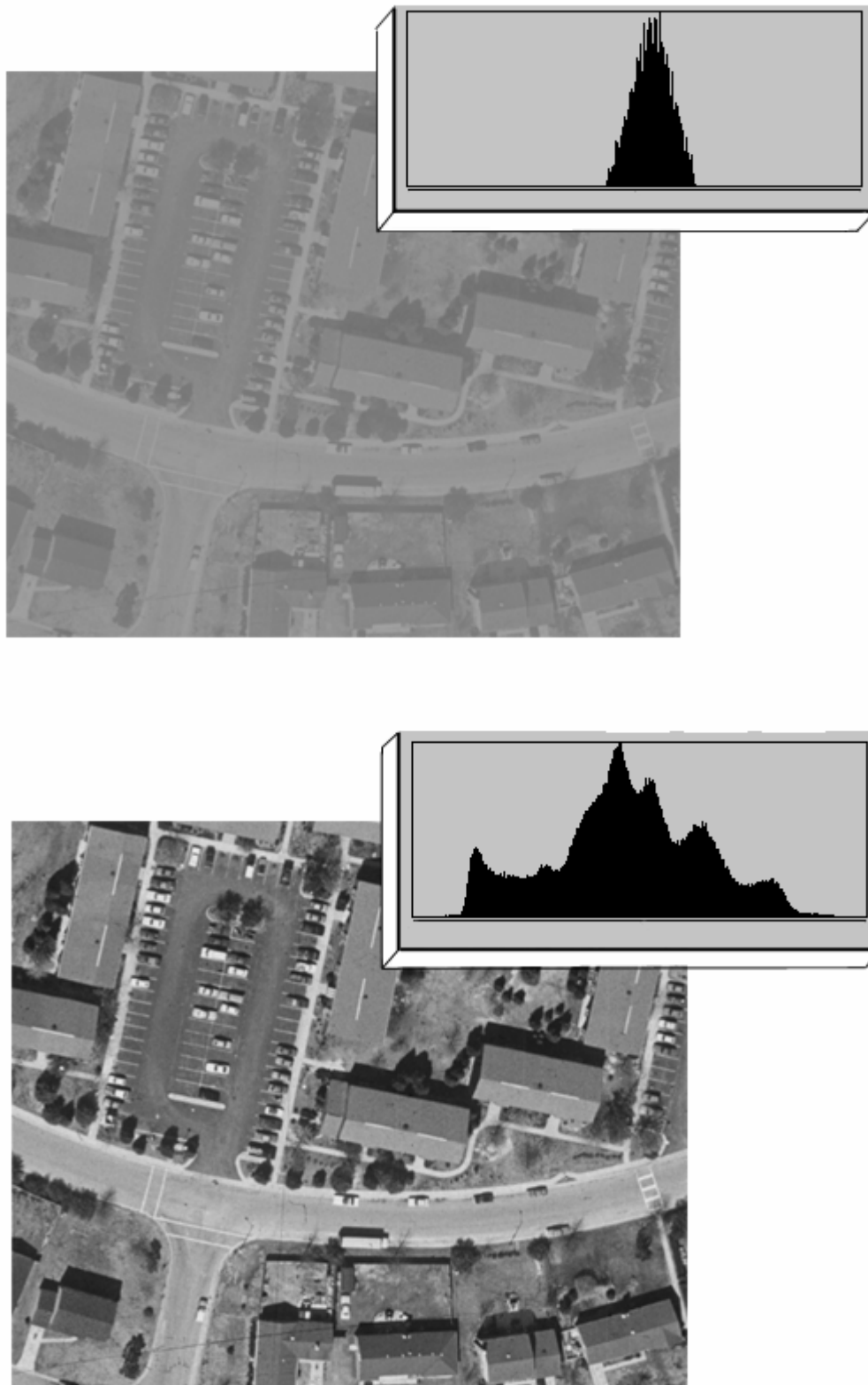
9.6 HISTOGRAM OBRAZU

Dla uproszczenia ograniczmy wstępne rozważania do obrazu czarno-białego (ale pół-tonalnego!) 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

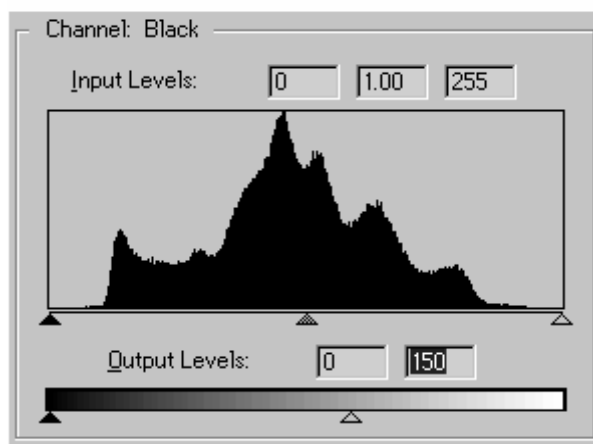
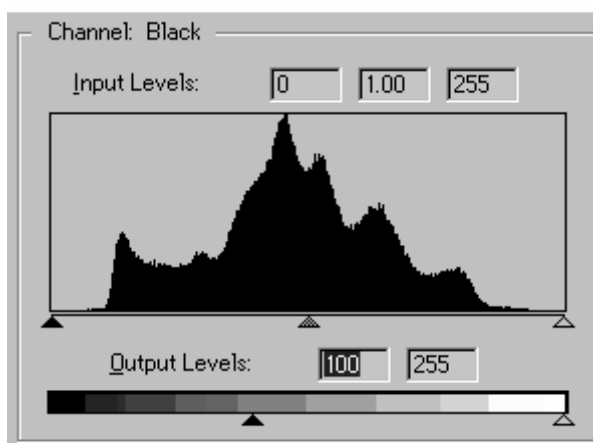
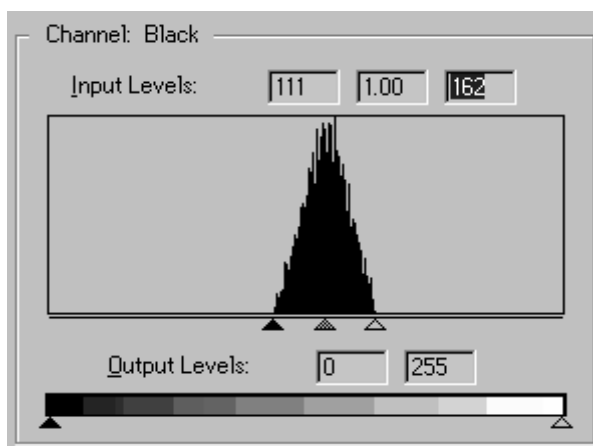
Praktyczne wykonanie takiego przekształcenia w programie PhotoShop polega na przesunięciu suwaków, posadowionych na lewym i prawym skraju wykresu, do styku z użytecznym zakresem histogramu. co widoczne jest na rysunku z prawej strony. Im bliżej zakresu użytecznego ustawimy suwaki tym bardziej kontrastowy 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

Można 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, wspomaganiej 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 wagiowana, zależnie od rodzaju zastosowanego filtra. Zazwyczaj stosuje się filtry tzw. *dolno-przepustowe*, *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 równoległe, podlegają osłabieniu.

9.7.3 Ekstrakcja informacji tematycznej

Ekstrakcja informacji tematycznej polega na wydobyciu 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

tw. 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 brzeźnych partiach. Dlatego też, istotą procedur klasyfikacyjnych jest odpowiednio precyzyjne rozdzielanie poszczególnych klastrów, w oparciu o decyzje, zasadne statystycznie. Ogólnie biorąc, wyróżnia się dwie metody klasyfikacji obrazów: *klasyfikację nadzorowaną* i *klasyfikację nie-nadzorowaną*.

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 kanałach spek-

tralnych), 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 treningowych, 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 obrazów 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 obrazów. 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 odzwierocowały się bezpośrednio na zdjęciu. Przy pracy korzystnym jest posługiwać się „*kluczami fotointerpretacyjnymi*”, zawierającymi wzorce analizowanych obiektów i zjawisk. Wyniki wydzielenia 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. 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 3 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 ($ppi = \text{pixel per inch}$). 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 (ułożonych 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: $25.4 \text{ mm} / 1200 = 0.021.. \text{ mm}$;
następnie dzielą 230 mm przez 0.021.. i uzyskują 10 866 pikseli

-obraz zatem przyjmie rozmiary $10\ 866 \times 10\ 866$ 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. Wiadać 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 $\sim 1 : 6\ 000$
- 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 - kroplomierz - (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 logarymicznej 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 wpieryw należy przyciemnić środkową część obrazu a potem rozjaśnić całość.

Zmiana ostrości obrazu

Cel: demonstracja efektów filtracji wyostrzającej

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 wypełnienia 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**.

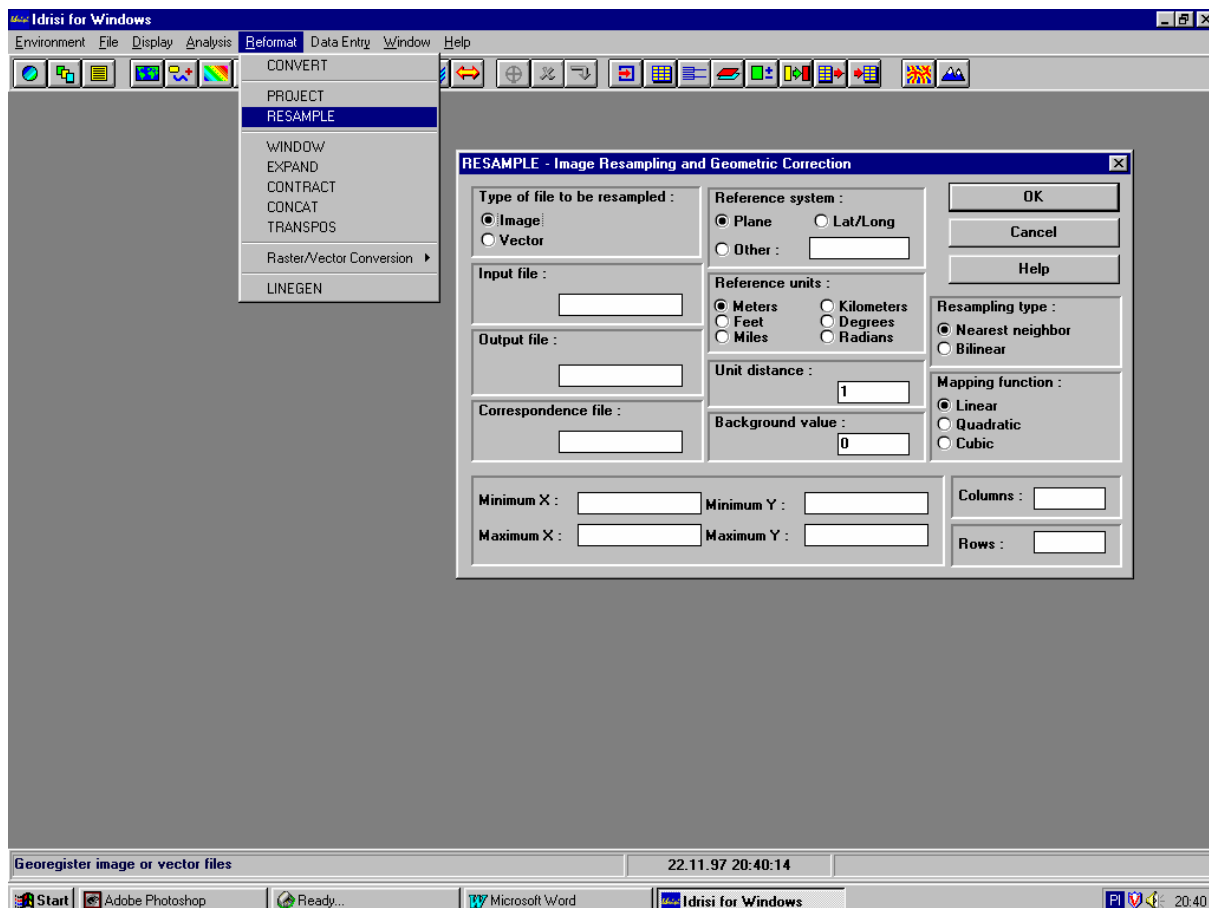
W pierwszym etapie musimy przetłumaczyć format **TIFF** na format stosowany przez system IDRISI. Do tego celu służy w Idrisi moduł: *File - Import - Desktop Publishing Format - TIFIDRIS*. W tym module zamieniany jest plik *.tif na *.raw (w Idrisi format .raw ma rozszerzenie .img). Uzyskamy pliki **mapa.img**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

Dla określenia parametrów transformacji afinicznej musimy wybrać trzy punkty do stosowania, 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 mieścić 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 wspomaganie interpretacji cyfrowych obrazów lotniczych