

Land Information System

PL. 9206-02-04/II

# KOMPLEKSOWE WYKORZYSTANIE INFORMACJI ZE ZDJĘĆ LOTNICZYCH

## Suplement

Integracja danych ze zdjęć lotniczych  
w systemach GIS

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, listopad 1998**

**SPIS TREŚCI:**

## Suplement

<b>19. Integracja danych ze zdjęć lotniczych w systemach GIS .....</b>	<b>19-1</b>
19.1 Wprowadzenie.....	19-1
19.2 GIS/SIP – kilka uwag wokół definicji.....	19-1
19.3 Od mapy do GIS-u .....	19-2
19.4 Modele danych przestrzennych .....	19-2
19.4.1 Model wektorowy .....	19-4
19.4.2 Model rastrowy .....	19-5
19.4.3 Modele przedstawiania powierzchni.....	19-5
19.4.4 Wybór modelu .....	19-6
19.4.5 Relacja pomiędzy zdjęciem lotniczym a rastrem w GIS .....	19-6
19.5 Zasilanie systemów GIS .....	19-7
19.6 Rola zdjęć lotniczych i satelitarnych w systemach GIS .....	19-9
19.6.1 Zdjęcia lotnicze jako podstawowe źródło danych przestrzennych .....	19-9
19.6.2 Zastosowanie zdjęć lotniczych i satelitarnych do aktualizacji danych przestrzennych .....	19-11
19.6.3 Fotomapy lotnicze i satelitarne w roli mapy podkładowej.....	19-12
19.7 Analizy przestrzenne prowadzone w Systemach Informacji Przestrzennej .....	19-12
19.8 Charakterystyka oprogramowania GIS .....	19-16
19.9 Przykładowe narzędzia GIS .....	19-16
19.9.1 Modular GIS Environment MGE.....	19-17
19.9.2 IDRISI.....	19-19
19.9.3 GeoMedia – proste narzędzia do przeglądania danych GIS .....	19-19
19.10 Wybrane, istniejące na świecie systemy GIS .....	19-19
19.10.1 Niemiecki System ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) [Mueller W., Seyfert E., (1996)] .....	19-19
19.10.1.1 Automatyczna aktualizacja systemu ATKIS [Walter V., 1998].....	19-21
19.10.2 Amerykański System GISOM (Generating Information from Scanning Ohio Maps) [Ramirez, J.R. 1996] .....	19-21
19.10.3 Fiński System TDS (National Topographic Data System) [Patyen V., 1998] .....	19-22
19.11 Podsumowanie.....	19-22
19.12 Bibliografia.....	19-23

## 19. INTEGRACJA DANYCH ZE ZDJĘĆ LOTNICZYCH W SYSTEMACH GIS

Beata Hejmanowska, Władysław Mierzwa, Krystian Pyka

### 19.1 WPROWADZENIE

W ostatnim czasie wokół fotogrametrii, jako metody pozyskiwania danych, tworzy się coraz bardziej sprzyjający klimat. Warto się zatem zastanowić, jakie są przyczyny renesansu fotogrametrii w naszym kraju. Zdaniem autorów złożył się na to splot sprzyjających okoliczności. Po pierwsze udało nam się uzyskać z funduszu PHARE bardzo cenną darowiznę w postaci kolorowych zdjęć lotniczych pokrywających prawie całą powierzchnię Polski (parametry tych zdjęć są opisane szczegółowo w rozdziale 1 skryptu, część I). Po drugie fotogrametria lat dziewięćdziesiątych to zupełnie nowa technologia, oparta na obrazach cyfrowych, nie wymagająca specjalistycznych instrumentów fotogrametrycznych, znacznie łatwiej akceptowana przez młode pokolenie, podatne na wpływy cywilizacji informatycznej. Po trzecie fotogrametrii sprzyja stale rosnące zainteresowanie systemami informacji przestrzennej. W Polsce tworzony jest Krajowy System Informacji o Terenie, powstają miejscowe (lokalne) i regionalne systemy GIS/SIP/SIT. Wielu użytkowników tych systemów docenia znaczenie zdjęć lotniczych dopiero wówczas, gdy wykrywają w swoim programie opcję o przykładowej nazwie “*insert image*” (wprowadź, wczytaj obraz), a z braku odpowiednich danych nie potrafią jej wykorzystać. I wtedy właśnie najczęściej pytają o “skalibrowane zdjęcia”, czyli takie, które można “wstawić pod mapę”.

W dalszej części autorzy spróbują udowodnić, że dalszy rozwój fotogrametrii podąża w kierunku integracji z systemami GIS.

### 19.2 GIS/SIP – KILKA UWAG WOKÓŁ DEFINICJI

System Informacji Przestrzennej (SIP) doczekał się bardzo wielu definicji. Jako przykład prostego opisu może służyć następujące sformułowanie, złożone z fragmentów dwóch definicji: “Systemem Informacji Przestrzennej nazywa się system pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych [Gaździcki, 1990], które są przestrzennie odniesione do Ziemi” [Ney, 1995].

Dla porządku terminologicznego należy zaznaczyć, że w Polsce określenie SIP jest nadrzędne w stosunku do takich pojęć jak System Informacji o Terenie (SIT, ang. *Land Information System* – LIS) i System Informacji Geograficznej (SIG, ang. *Geographic Information System* – GIS). Jednakże w języku potocznym często używa się określenia GIS w rozumieniu ogólnym, czyli jako synonimu skrótu SIP. Wynika to w dużym stopniu z międzynarodowej akceptacji określenia GIS, silniejszej od lokalnych uściśleń terminologicznych. W niektórych krajach lansowany jest ostatnio nowy termin: geoinformatyka lub geoinformacja jako nazwa nowej dyscypliny obejmującej (integrującej): geodezję, kartografię, fotogrametrię, kartografię i systemy informacji przestrzennej. W dalszej części niniejszego rozdziału stosowane będzie określenie GIS w najogólniejszym znaczeniu.

Podana wyżej ogólna definicja GIS-u pozwala na różne określanie stawianych przed nim zadań. Z punktu widzenia spełnianych funkcji, GIS/SIP można podzielić na cztery grupy [Białousz, 1997]:

- system tworzenia map,
- integrator baz danych,
- narzędzie analiz przestrzennych,
- narzędzie wspomagania decyzji.

W zasadzie “prawdziwy” GIS powinien spełniać każdą z wyżej wymienionych funkcji. W rzeczywistości istnieje wiele systemów realizujących tylko wybrane zadania (np. systemy typu FM – ang. *Facility Management*, przeznaczone do zarządzania sieciami technicznego uzbrojenia terenu), a tylko nieliczne charakteryzują się pełną funkcjonalnością.

### 19.3 OD MAPY DO GIS-U

“Mapa jest powszechnie znanym modelem przedstawiającym rzeczywistość geograficzną. Jako dwuwymiarowy model analogowy rzeczywistości stanowi ona znakomity środek przekazu, dostosowany do właściwości percepcyjnych człowieka. W zwężonej formie kartograficznej wyraża się na niej bogactwo treści, odtwarzając, w zmniejszeniu kształt obiektów zlokalizowanych na powierzchni Ziemi oraz istniejące między nimi relacje przestrzenne” [Gaździcki, 1990].

Mapa analogowa wraz z listą wydzielen, czyli legendą, stanowiła punkt wyjścia dla twórców GIS-u. W pierwszym etapie powstała “kartografia komputerowa”. Jej zadaniem jest komputerowe wspomaganie opracowania map. W zakresie opracowań wielkoskalowych powstało pojęcie “mapa numeryczna”. Oznacza ono komputerowy zapis mapy analogowej, z wykorzystaniem idei rozwarstwienia treści. Mapy numeryczne opracowywane są przy wykorzystaniu programów do projektowania komputerowego, określanym skrótem CAD (np. AutoCad, MicroStation). Utożsamianie mapy numerycznej z systemem typu GIS jest jednak nieporozumieniem.

W celu wyjaśnienia różnicy pomiędzy mapą numeryczną a GIS posłużymy się przykładem. Przypatrzmy się fragmentowi mapy topograficznej (przykład symulowany) w skali 1:5 000 (rys.1 część górna). Zwróćmy uwagę na drogę przebiegającą ze wschodu na zachód. Jakie informacje o samej drodze możemy odczytać z mapy ? Można zmierzyć jej szerokość, na podstawie grubości linii można wnioskować czy jest to droga główna czy drugorzędna, czasami można odczytać numer drogi (ale rzadko). Przypatrzmy się teraz prezentacji tego samego fragmentu w dolnej części rys.1, który przedstawia prostą wizualizację zawartości bazy danych bez poddania jej obróbce kartograficznej. Tym razem prezentacja graficzna jest uboższa, ale wskazane dwa odcinki tej drogi są opisane bogatym zestawem parametrów. Nie można ich było odczytać z mapy. Dodatkowo trzeba zwrócić uwagę na fakt, że każdy odcinek drogi o innych parametrach (np. zmiana szerokości, nazwy jednostki administrującej) musi mieć swoją reprezentację graficzną rozpoznawaną przez program komputerowy. Takich wymogów nie stawia mapa numeryczna.

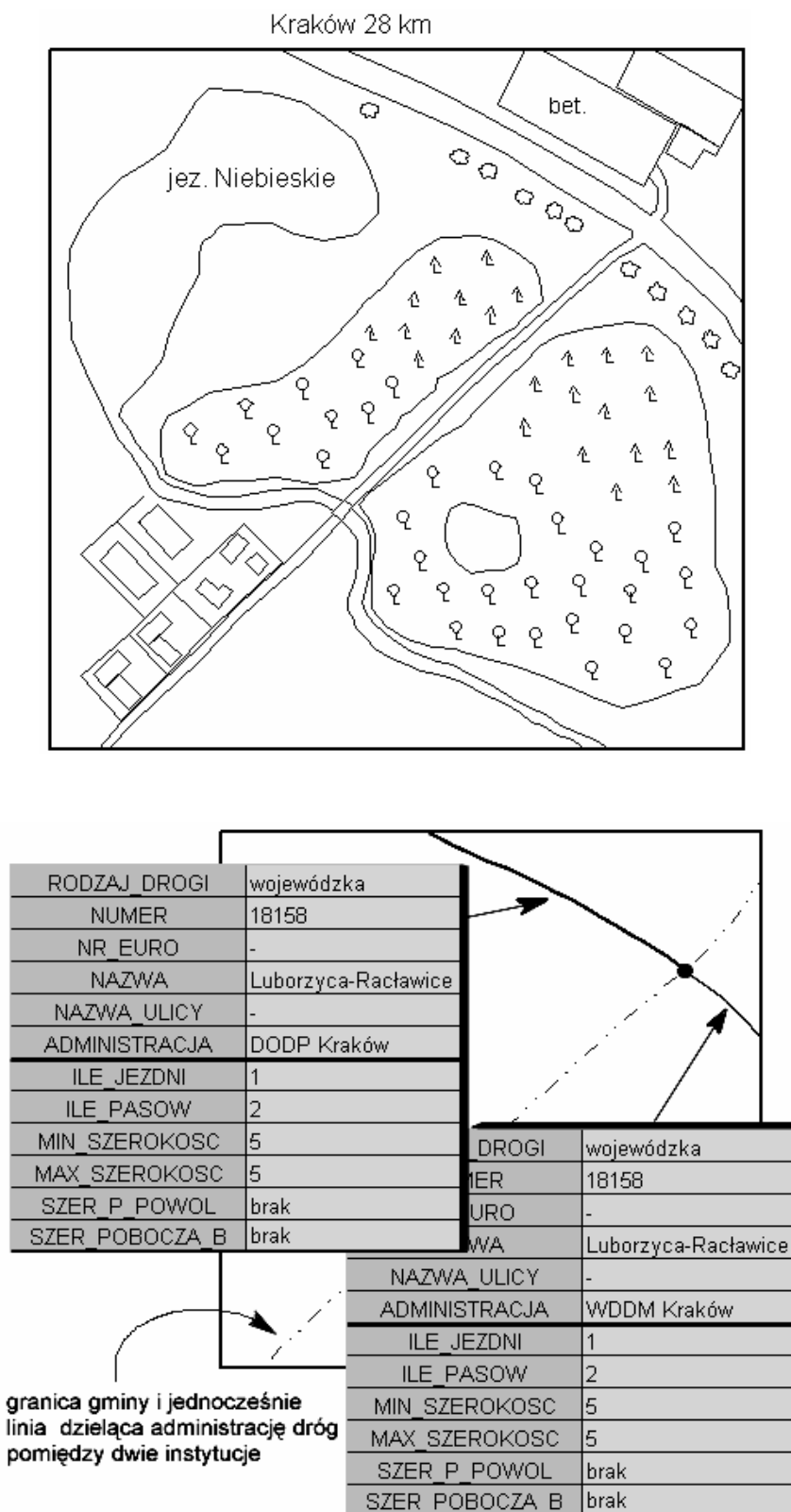
GIS opisuje rzeczywistość poprzez obiekty. Dla każdego obiektu znane są informacje przestrzenne (dotyczące jego kształtu, wymiarów, położenia i relacji z innymi obiektami) oraz zbiór danych opisujących właściwości obiektu (dane nieprzestrzenne, tzw. atrybuty). Zatem GIS to nie mapa, lecz zbiór obiektów, które mogą być wyświetlane na ekranie monitora w postaci “mapo-podobnej”.

Zmieniła się rola geodetów i kartografów. Są nie tylko wytwórcami mapy, ale obecnie tworzą systemy informacji przestrzennej, w których mapa jest graficzną prezentacją (wizualizacją) informacji zawartych w bazie danych systemu.

### 19.4 MODELE DANYCH PRZESTRZENNYCH

W Systemach Informacji Przestrzennej wyróżniane są dwa podstawowe modele dwuwymiarowych danych przestrzennych: wektorowy i rastrowy. Geneza modelu wektorowego jest związana z “kreskową” demonstracją treści na mapie analogowej. Model ten posługuje się elementarnymi utworami geometrycznymi takimi jak: punkt, prosta, łamana, wielobok. Model rastrowy wypełnia bez luk obszar zainteresowania elementarnymi powierzchniami – pikselami (najczęściej są to kwadraty lub prostokąty). Poszczególnym pikselom przypisuje się

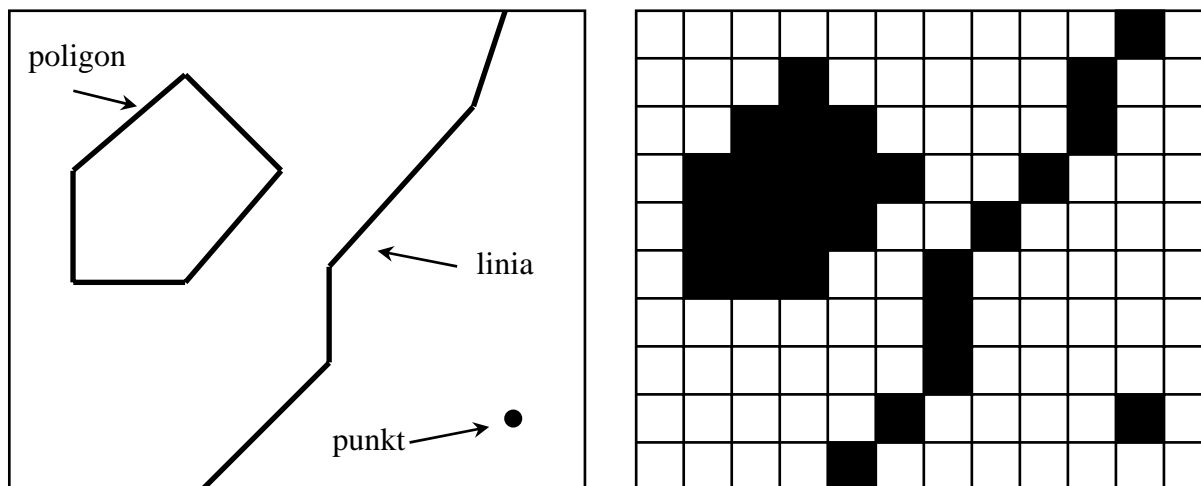
liczbę (wartość piksela), która może mieć różne znaczenie. Może to być identyfikator lub też atrybut obiektu.



Rys.1. Różnica pomiędzy mapą numeryczną a bazą danych GIS

Oba modele posiadają swoje wady i zalety. W praktyce zachodzi często konieczność operowania jednym i drugim modelem, przy czym jako podstawowy dla bazy danych GIS-u stosuje się najczęściej model wektorowy.

Nieco inne modele stosowane są do przedstawiania powierzchni. Najczęściej stosowany jest model macierzowy i TIN (utworzony z nieregularnej siatki trójkątów, nazwa pochodzi od angielskiego: *Triangulated Irregular Network*). W modelu macierzowym informacja opisująca powierzchnie przypisana jest punktom, tworzącym na ogół regularną siatkę kwadratów lub prostokątów (model ten z angielskiego bywa nazywany *gridowym*).



Rys.2. Porównanie modelu wektorowego i rastrowego

#### 19.4.1 Model wektorowy

W modelu wektorowym świat jest zobrazowany za pomocą punktów, linii i wieloboków określonych (zdefiniowanych) współrzędnymi. Wektor lokalizuje elementy punktowe (np. pojedyncze drzewa, studnie wyloty kanałów), elementy linowe (np. rzeki, linie komunikacyjne, energetyczne) oraz elementy powierzchniowe (np. działki, budynki, jednostki administracyjne, jeziora, wyspy).

Dane wektorowe mogą być pozyskane:

- z bezpośrednich pomiarów geodezyjnych (nowoczesne elektroniczne tachimetry umożliwiają stosunkowo łatwe uzyskanie danych w wymaganej postaci),
- poprzez wykorzystanie istniejących materiałów kartograficznych, które mogą być wprowadzone do systemu GIS albo przez wektoryzację tzw. rastra (wcześniej zeskanowanej mapy) lub, co ostatnio jest mniej popularne, poprzez bezpośrednią digitalizację (tzw. "stolową") materiałów analogowych,
- poprzez pomiar stereoskopowych zdjęć lotniczych lub wektoryzację obiektów na ortofotomapach,
- bezpośrednio z klawiatury czy też przez specjalne interface'y.

Dane wektorowe mogą występować w trzech postaciach, różniących się "stopniem inteligencji" zapisu danych, co ma wpływ na ich sposób wykorzystania i przydatność w systemach GIS. Są to postaci: tzw. spaghetti, obiektowa i topologiczna.

Dane wektorowe, w postaci spaghetti nie są powiązane ze sobą, stanowią prosty komputerowy zapis rysunku mapy. Kolejność zapisu w pliku elementów tworzących rysunek jest dowolna, pod warunkiem, że zapisana jest cała treść mapy. Poszczególnym elementom mogą być przypisane parametry definiujące sposób ich prezentacji (np. grubość, kolor czy styl linii, użycie odpowiedniego symbolu dla obiektów punktowych) co może umożliwić prezentację

zgodną z obowiązującymi standardami np. mapy zasadniczej. Taka postać umożliwi zobaczenie mapy na ekranie monitora lub też automatyczne jej wykreślenie (wyplotowanie).

Jeśli rysunek nie składa się tylko z “kresiek” ale z pewnych “samodzielných” elementów, obiektów, to taki model danych wektorowych nazywa się obiekowym. Pozwala to na powiązania poszczególnych, wydzielonych obiektów z bazą danych opisowych, w której zawarte są atrybuty obiektów (np. z działką może być związany jej numer ewidencyjny, numer księgi wieczystej, nazwisko właściciela, powierzchnia, wartość itp.)

Najbardziej zaawansowaną strukturą danych wektorowych jest model topologiczny. Topologia jest działem matematyki badającym te własności figur, które nie ulegają zmianom przy przekształceniach wzajemnie jednoznacznych i ciągłych (np. przy wyginaniu, kurczeniu, rozciąganiu itp. jednak bez rozrywania). W geoinformatyce topologiczne własności obiektów i relacje pomiędzy nimi są scharakteryzowane jako niezależne od układu współrzędnych i ciągłych deformacji. Model topologiczny, oprócz definicji geometrii obiektów, opisuje ponadto relacje pomiędzy elementami wektorowymi takie jak:

- sąsiedztwo,
- przecinanie,
- połączenie,
- zawieranie jednego obiektu w drugim.

Dysponując tylko relacjami topologicznymi pomiędzy obiektami jesteśmy w stanie wyrysować np. schemat sieci lub konfiguracji działek, który nie będzie jednak rysunkiem w skali, nie będą zachowane wymiary, kształt, długości, kąty czy pola powierzchni poszczególnych obiektów. W schemacie znajdować się będą jedynie wzajemne relacje pomiędzy poszczególnymi elementami, obiektami.

### **19.4.2 Model rastrowy**

W modelu rastrowym (nazywanym też komórkowym) informacja przypisana jest elementowi powierzchniowemu – pikselowi, którego położenie określone jest numerem wiersza i kolumny, w której się znajduje. Do każdego elementu rastra przyporządkowana jest jedna wartość liczbowa. W modelu rastrowym punkt jest pojedynczym pikselem, linia ciągiem pikseli, a poligon grupą pikseli (rys.2). Model rastrowy jest znacznie prostszy i łatwiejszy w użyciu niż model wektorowy, posiada on strukturę danych, którą “lubi” komputer. Ma on jednak w porównaniu z modelem wektorowym również wady takie jak: mniejszą precyzję lokalizacji obiektów (zależy od wymiarów piksela), trudności w uzyskiwaniu niektórych informacji metrycznych pomiędzy obiektami (długości, odległości) oraz znacznie większą objętość zbioru danych. W przypadku modelu rastrowego powiązanie z bazą danych opisowych można uzyskać przez przyporządkowanie wartościom piksela identyfikatora obiektu, któremu odpowiada jeden rekord bazy danych. Możemy wyobrazić sobie zbiór pikseli reprezentujących działki na mapie ewidencyjnej. Wartość piksela może reprezentować tylko jedną informację o działce np. jej powierzchnię, numer ewidencyjny lub jej wartość czy numer księgi wieczystej. Stąd wniosek, że możemy mieć tyle warstw ile mamy atrybutów związanych z obiektem. W modelu wektorowym natomiast do obiektu dołączana jest baza danych o dowolnej liczbie pól pojedynczego rekordu, przypisywanego do danego typu obiektów. Czyli mamy jedną mapę wektorową z dołączoną bazą danych.

### **19.4.3 Modele przedstawiania powierzchni**

W modelu macierzowym (gridowym) wysokości znane są w punktach tworzących regularną siatkę. Struktura danych jest więc identyczna jak w modelu rastrowym. Położenie punktu określone jest przez numer kolumny i wiersza, w którym się znajduje, a znając ponadto współrzędne narożników obszaru prostokątnego, dla którego definiujemy powierzchnię

oraz wymiary oczek siatki wzdłuż osi X i Y, możemy obliczyć współrzędne każdego punktu siatki. Wysokość dowolnego punktu nie będącego węzłem siatki obliczamy stosując odpowiednie procedury interpolacyjne.

Model TIN zbudowany jest z punktów rozproszonych o znanych Nr, X, Y, Z. Z punktów tych utworzona jest siatka trójkątów pokrywająca analizowany obszar. Tworzenie siatki trójkątów z punktów rozproszonych na ogół odbywa się automatycznie przy takim założeniu aby: wygenerowane trójkąty były jak najmniejsze i zbliżone do równobocznych i uwzględnione były wszystkie punkty. Do automatycznego generowania siatki trójkątów z punktów rozproszonych najczęściej stosowany jest algorytm Delanuy'a.

#### **19.4.4 Wybór modelu**

Należałoby określić przypadki, dla których konieczna jest taka, a nie inna postać modelu danych wektorowych. Model typu spaghetti może być wykorzystany dla potrzeb kartograficznych do produkcji map ale nie do analiz przestrzennych. Podstawowe analizy przestrzenne są już możliwe w modelu obiektowym, w którym każdy obiekt może mieć swój rekord w bazie danych. Jednak najbardziej zaawansowane analizy dają się przeprowadzić dopiero w oparciu o model topologiczny. Wtedy możliwe są zadania związane z podziałem obiektów na części, czy z analizami obiektów zawartych jeden w drugim. Możliwe są konwersje modelu spaghetti do obiektowego, a także obiektowego na topologiczny. Konwersja danych spaghetti na obiekty polega na zamianie istniejącej "kreski" na obiekty typu: punkt, linia, poligon (zamknięty wielobok). Budowanie topologii z kolei polega na zakodowaniu relacji pomiędzy wcześniej nie powiązаныmi elementami obiektowymi W przecięciach linii lub na ich końcach powstają tzw. węzły, a między węzłami pojawiają się segmenty linii. W przypadku elementów powierzchniowych (poligonów) koduje się także relacje pomiędzy poligonami (lewy i prawy sąsiadujący poligon). W modelu wektorowym rzeczywistość przedstawiona jest obiektowo z dużą precyzją określenia granic elementów. Elementy środowiska przedstawiane są całościowo, co umożliwia analizowanie, manipulowane całymimi obiektami.

Wybór modelu przedstawienia rzeczywistości zależy od charakteru kodowanego elementu, a także od rodzaju planowanych analiz. W przypadku kiedy interesuje nas precyzja położenia elementu (np. granice własności) należy wybrać model wektorowy, natomiast elementy przyrodnicze można przedstawić w modelu rastrowym, o mniejszej precyzji, a za to łatwiejszym do analiz. Przyjęcie jednego modelu jako podstawowego nie uniemożliwia przejścia na inny. Dane rastrowe mogą być zamieniane na postać wektorową, ręcznie, za pomocą wektoryzacji ekranowej lub czasem także automatycznie. Z kolei dane wektorowe można konwertować na postać rastrową w sposób automatyczny. Obecnie większość systemów GIS "rozumie" oba modele danych, systemy takie określa się jako zintegrowane (tzw. Integrated GIS – IGIS).

#### **19.4.5 Relacja pomiędzy zdjęciem lotniczym a rastrem w GIS**

Cyfrowe zdjęcie lotnicze jest – w najprostszym ujęciu – zapisem jasności pikseli uporządkowanym w wiersze i kolumny (część II, rozdział 9). Jasność piksela jest jedną z cech obiektu, dla którego dany piksel przynależy. Jasność ta, zwana jest często odpowiedzią spektralną, jest funkcją promieniowania odbitego, emitowanego lub rozproszonego przez obiekt. Ale sama jasność nie jest jednoznacznym wyróżnikiem obiektu. Człowiek po skojarzeniu wielu cech rozpoznawczych (część I, rozdział 7) potrafi odczytać treści zdjęcia i zidentyfikować występujące na zdjęciu obiekty. W efekcie takiej interpretacji powstanie mapa tematyczna ("kalka interpretacyjna"). Gdy nadamy jej postać cyfrową posiłkując się modelem rastrowym, to uzyskamy produkt zdecydowanie inny od rastra lotniczego. Teraz każda wartość



piksele ma konkretne przełożenie na rodzaj obiektu, np. użytkom zielonym przyporządkowany jest identyfikator 3, gruntom ornym – 4, a obszarom zabudowanym – 5, itd.

Zatem zdjęcie jest rastrem szczególnym, zawierającym ogromny potencjał informacyjny, ale nie jest rastrowym modelem danych przestrzennych w GIS.

## 19.5 ZASILANIE SYSTEMÓW GIS

Dane w GIS/SIP można podzielić, w zależności od stopnia ich przetworzenia na

- dane źródłowe,
- dane wstępnie przetworzone,
- dane “pełne”.

Dane źródłowe mogą być pozyskiwane w wyniku bezpośredniego lub pośredniego monitorowania środowiska albo przy wykorzystaniu istniejących danych kartograficznych (rys.3). Nie przetworzonymi, bezpośrednimi danymi źródłowymi mogą być np.: wyniki pomiarów geodezyjnych, meteorologicznych (stanu, atmosfery, wody, gleby) itd. Natomiast dane źródłowe pośrednie to np. obrazy teledetekcyjne.

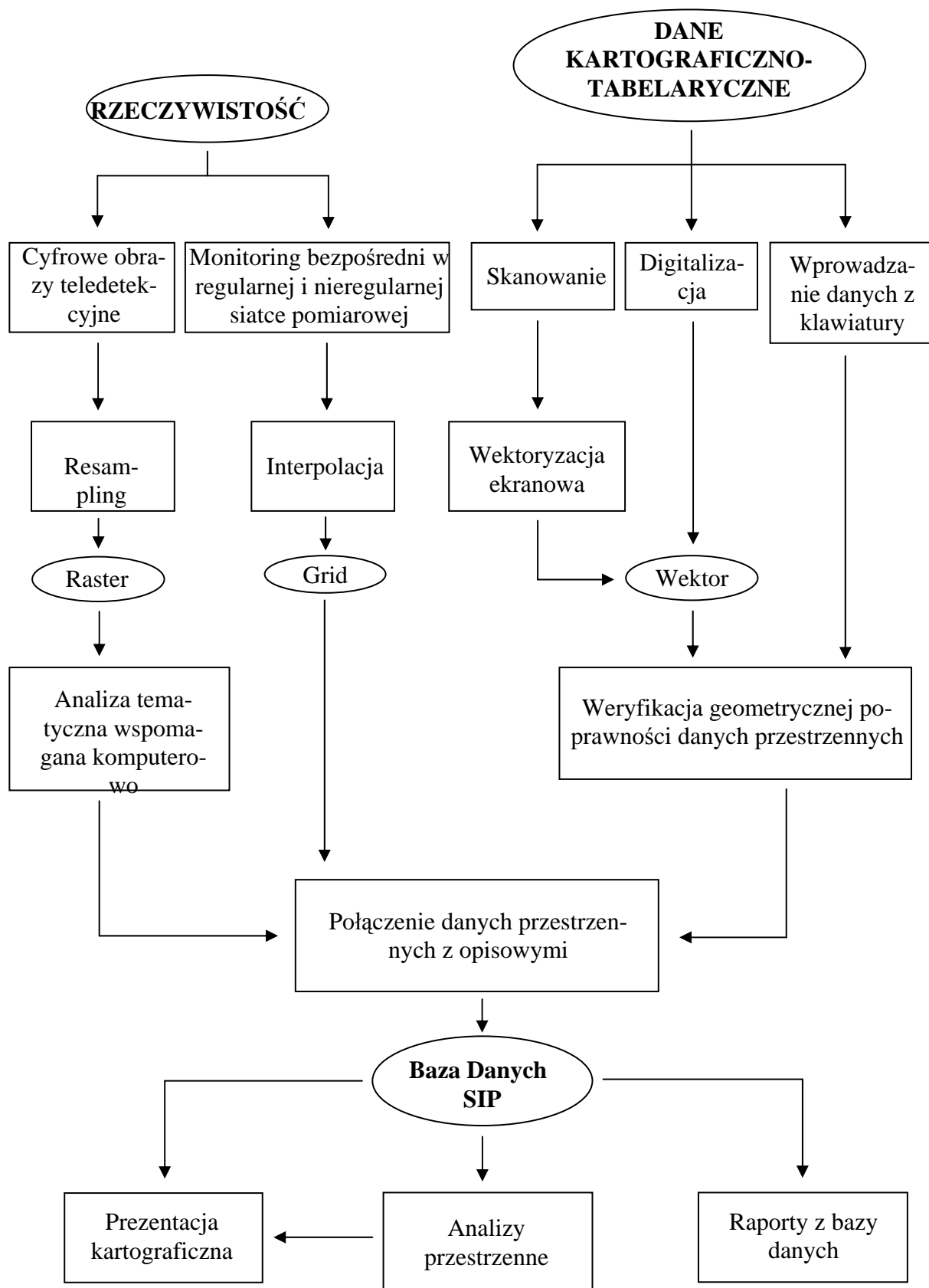
W związku z dużą ilością istniejących już danych kartograficznych (analogowych form przedstawienia rzeczywistości) systemy GIS – szczególnie w pierwszej fazie – budowane są w oparciu o zasoby kartograficzne. W przyszłości można sobie wyobrazić, że dane źródłowe będą pochodzić bezpośrednio z pomiarów elementów środowiska.

Postać danych źródłowych zależy od sposobu “próbkowania” rzeczywistości lub kartograficznej formy jej przedstawienia (mapy). Próbkowanie może odbywać się w regularnej lub nieregularnej siatce. Przykładem regularnej siatki próbkowania może być cyfrowy obraz teledetekcyjny lub zeskanowana mapa analogowa. Natomiast przykładem nieregularnego próbkowania może być pomiar współrzędnych geodezyjnych prowadzony zwykle w nieregularnej siatce pomiarowej, pomiary meteorologiczne, a na materiałach analogowych, punktowy pomiar wybranych elementów.

W Systemach Informacji Przestrzennej dane źródłowe zostają wstępnie przetworzone. Zwykle pierwszym krokiem jest wpasowanie danych źródłowych do wspólnego układu współrzędnych. Dane pozyskane metodą próbkowania w regularnej siatce są z reguły ujednolicone poprzez “wyrównanie” rozdzielczości metodą resamplingu (część II, rozdział 9) lub interpolacji “grida”. W konsekwencji powstają jednolite, pod względem wielkości oczka siatki, obrazy rastrowe i “gridy”. Wstępne przetworzenie danych źródłowych, w przypadku obrazów teledetekcyjnych, może polegać na takim ich dopasowaniu, żeby stanowiły warstwę podkładową w SIP.

Danymi w pełni przetworzonymi są mapy rastrowe lub wektorowe z dołączoną bazą danych. Można je otrzymać w wyniku wspomaganej komputerowo analizy tematycznej. Mapę wektorową można uzyskać z bezpośrednich pomiarów po odpowiednim uporządkowaniu: podziale na warstwy, obiekty, stworzeniu topologii itd. Mapa rastrowa powstaje w wyniku konwersji z mapy wektorowej, może być wynikiem automatycznej klasyfikacji obrazu czy rezultatem analiz prowadzonych na rastrowym modelu danych.

Dane “pełne” powstają po połączeniu danych przestrzennych i opisowych tworząc docelową bazę danych GIS/SIP. Takie dane zgromadzone w Systemach Informacji Przestrzennej mogą być prezentowane w postaci kartograficznej, poddawane analizom przestrzennym, można także generować raporty z bazy danych.



Rys.3. Zasilanie systemów SIT

## 19.6 ROLA ZDJĘĆ LOTNICZYCH I SATELITARNYCH W SYSTEMACH GIS

Dane w systemie informacji przestrzennej posiadają specyficzne cechy, do których należą: dokładność, precyzja, powtarzalność, rozdzielczość, zmienność, aktualność, wiarygodność, dostępność, kompletność, odpowiedniość, koszt, wartość [Gaździcki, 1990]. Pozytkowanie informacji ze zdjęć, w stosunku do innych technik zasilania danych, wykazuje największe atuty w kwestii aktualności i kosztów. Warto podkreślić fakt, że koszt pozyskania danych przestrzennych znacznie przekracza wszelkie inne koszty związane z systemem. Za optymalną drogę pozyskania danych o sposobie użytkowania terenu uznaje się w świecie metodę fotogrametryczną (por. pkt.9). W przypadku, gdy SIT został zbudowany w oparciu o dane kartograficzne, prędzej czy później pojawia się pytanie o aktualność danych. I w tym przypadku metoda fotogrametryczna jest zalecana jako najszybszy i najtańszy sposób aktualizacji danych. Oczywiście dotyczy to informacji, których może dostarczyć zdjęcie lotnicze czy obraz satelitarny. Opracowania kartograficzne zawierają bowiem sporo informacji, których nie uzyskamy ze zdjęć. Dlatego w sposób naturalny narzuca się konieczność integracji danych z różnych źródeł w celu zbudowania bazy danych systemu GIS.

Zdjęcia lotnicze i satelitarne mogą stanowić:

- a) podstawowe źródło danych geometrycznych oraz ograniczone źródło danych opisowych dla potrzeb całkowicie nowego opracowania,
- b) bazę danych geometrycznych do aktualizacji zmian ogólnie pojętego użytkowania Ziemi,
- c) tło do prezentowania map tematycznych, czyli rola swoistej mapy podkładowej.

### 19.6.1 Zdjęcia lotnicze jako podstawowe źródło danych przestrzennych

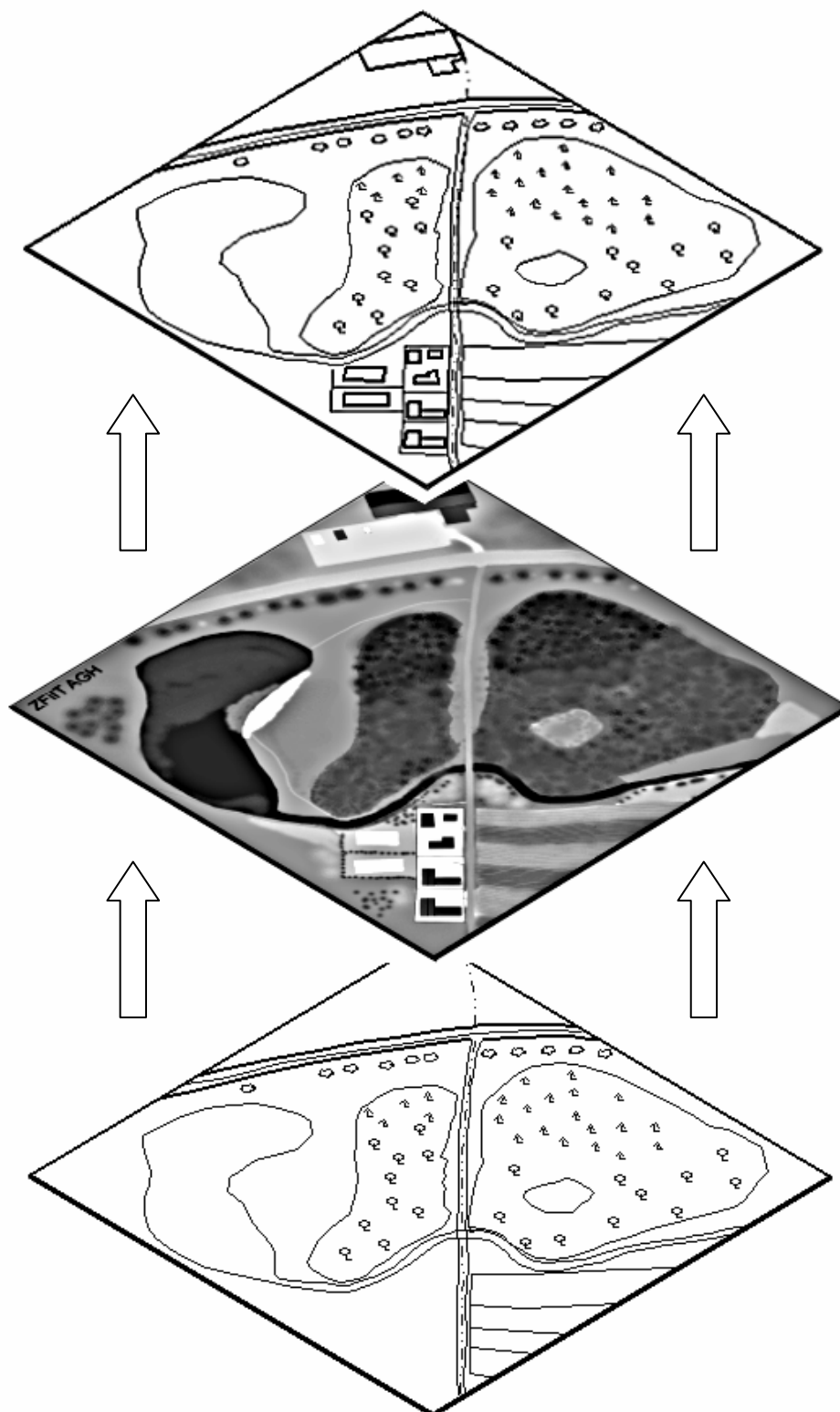
Dla uproszczenia pominiemy głębsze rozważania problemu dokładności danych. Założymy, że można tak dobrać skalę zdjęć, iż pozyskiwane z nich dane będą miały zadawalającą dokładność. Dane te można pozyskiwać dwiema metodami:

- pomiar na modelu przestrzennym odtworzonym z dwóch odpowiednio zorientowanych zdjęć lotniczych (tzw. pomiar stereoskopowy – 3D),
- pomiar “płaski – 2D” wykorzystujący przetworzone zdjęcia w postaci ortofotomapy lub fotomapy.

Pomiar na modelu przestrzennym utworzonym ze zdjęć lotniczych w postaci analogowej (fotograficznej) przeprowadzić można na autografach analogowych, które obecnie są sprzężone poprzez odpowiednie interfejsy z komputerem. Model stereoskopowy jest odpowiednio zestrojony (wyskalowany i spoziomowany) co umożliwia bezpośrednią rejestrację danych w układzie współrzędnych mapy. Również na autografach analitycznych pomiaru dokonuje się na modelu stereoskopowym utworzonym ze zdjęć w postaci analogowej. Jeżeli dysponuje się zdjęciami w postaci cyfrowej to pomiar można realizować przy pomocy autografu cyfrowego, np. VSD (część III, rozdział 17).

Druga wersja pomiaru może być wykonana przy pomocy programu typu CAD z możliwością wyświetlenia ortofotomapy (część III, rozdział 16). Należy zwrócić uwagę na różnicę pomiędzy “zwykłym” pomiarem przeznaczonym do opracowania mapy numerycznej, a pomiarem dla systemu GIS. Chodzi o relacje pomiędzy etapem pozyskiwania danych przestrzennych i opisowych. Wzorcowa sytuacja zachodzi wówczas, gdy ładowanie obu banków informacyjnych, tj. graficznego i opisowego, następuje równocześnie. W przypadku pomiaru stereoskopowego powoduje to dekoncentrację obserwatora i w efekcie spadek efektywności. Przy pomiarze “płaskim” jednoczesna edycja grafiki i atrybutów jest łatwiejsza do praktycznego zastosowania. Pomimo tego często rozdziela się oba etapy wprowadzania informacji do bazy danych GIS-u.

Rys.4. Schemat ideowy procesu aktualizacji z wykorzystaniem ortofotomapy – w stosunku do mapy pierwotnej



widoczna aktualizacja treści w zakresie zabudowy

W trakcie budowania systemu GIS zawsze pojawia się problem związany z różnorodnością danych wejściowych. Istniejące mapy mają różne skale i układy odniesienia powoduje to konieczność wstępnych ujednoczeń. Zdjęcia lotnicze po zeskanowaniu mogą posiadać rozdzielczość rzędu kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Natomiast wykorzystywane w systemach GIS obrazy satelitarne) mogą znacznie różnić się pod względem rozdzielczości prze-

strzennej jak i spektralnej. Rozdzielczość dostępnych obecnie obrazów satelitarnych może wynosić zarówno 30 m, 20 m, jak i 10 m co w przypadku korzystania również ze zdjęć lotniczych, wymaga ich odpowiedniego zintegrowania.

### **19.6.2 Zastosowanie zdjęć lotniczych i satelitarnych do aktualizacji danych przestrzennych**

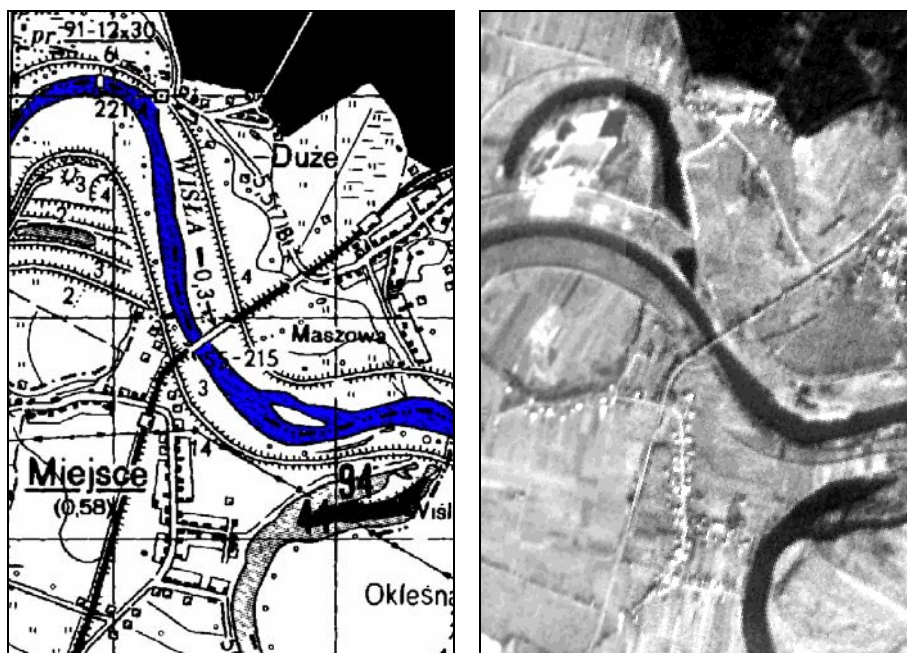
Przypadek ten stanowi najpełniejszą realizację hasła “integracja danych ze zdjęć w systemach GIS”. W praktyce polega on głównie na wykorzystaniu ortofotomap uzyskanych ze zdjęć lotniczych lub fotomap opracowanych ze zdjęć (obrazów) satelitarnych. Ideowo proces aktualizacji pokazuje rys.4. Najczęściej odbywa się w programie obsługującym GIS (czyli wyświetlającym graficzny obraz obiektu i jego parametry opisowe), a jednocześnie pozwalającym na wizualizację foto lub ortofotomapy.



**Rys.5.** Ortofotomapa pozwala nie tylko aktualizować dane przestrzenne ale posiada także duży potencjał w zakresie danych opisowych, pozwala określić liczbę pasów ruchu, rodzaj nawierzchni, wnioskować o natężeniu ruchu (fragment ortofotomapy wykonanej ze zdjęć w skali 1:26 000)

Współczesna, cyfrowa technologia generowania ortofotomap gwarantuje produkt o jednorodnej, dostosowanej do potrzeb, dokładności. Obserwacja mapy numerycznej czy związalizowanych obiektów GIS na tle ortofotomapy pozwala znakomicie wykrywać zarówno błędy geometryczne starych danych jak i wnosić wszelkie zmiany. Obszary zadrzewione, np. niska podmiejska zabudowa, są oczywiście trudniejsze do zweryfikowania. Ale trzeba zwrócić uwagę na fakt, że nowa zabudowa czy inwestycje drogowe, hydrotechniczne są prawie zawsze umiejscowione w obszarze otwartym. Zanim ewentualnie zamaskują je drzewa, można bez trudu zlokalizować je na podstawie ortofotomapy. Dla niektórych obiektów możliwa

jest aktualizacja nie tylko danych geometrycznych ale i opisowych. Taka sytuacja dotyczy elementów sieci komunikacyjnej. Ze zdjęć (ortofotomapy) można określić liczbę pasów ruchu (rys.5), rodzaj nawierzchni, natężenie ruchu. Przykład aktualizacji dokonanej w oparciu o fotomapę satelitarną pokazuje rys.6.



Rys.6. Aktualny bieg rzeki Wisły widoczny na fotomapie w stosunku do przedstawionego na mapie topograficznej 1:50 000

### 19.6.3 Fotomapy lotnicze i satelitarne w roli mapy podkładowej

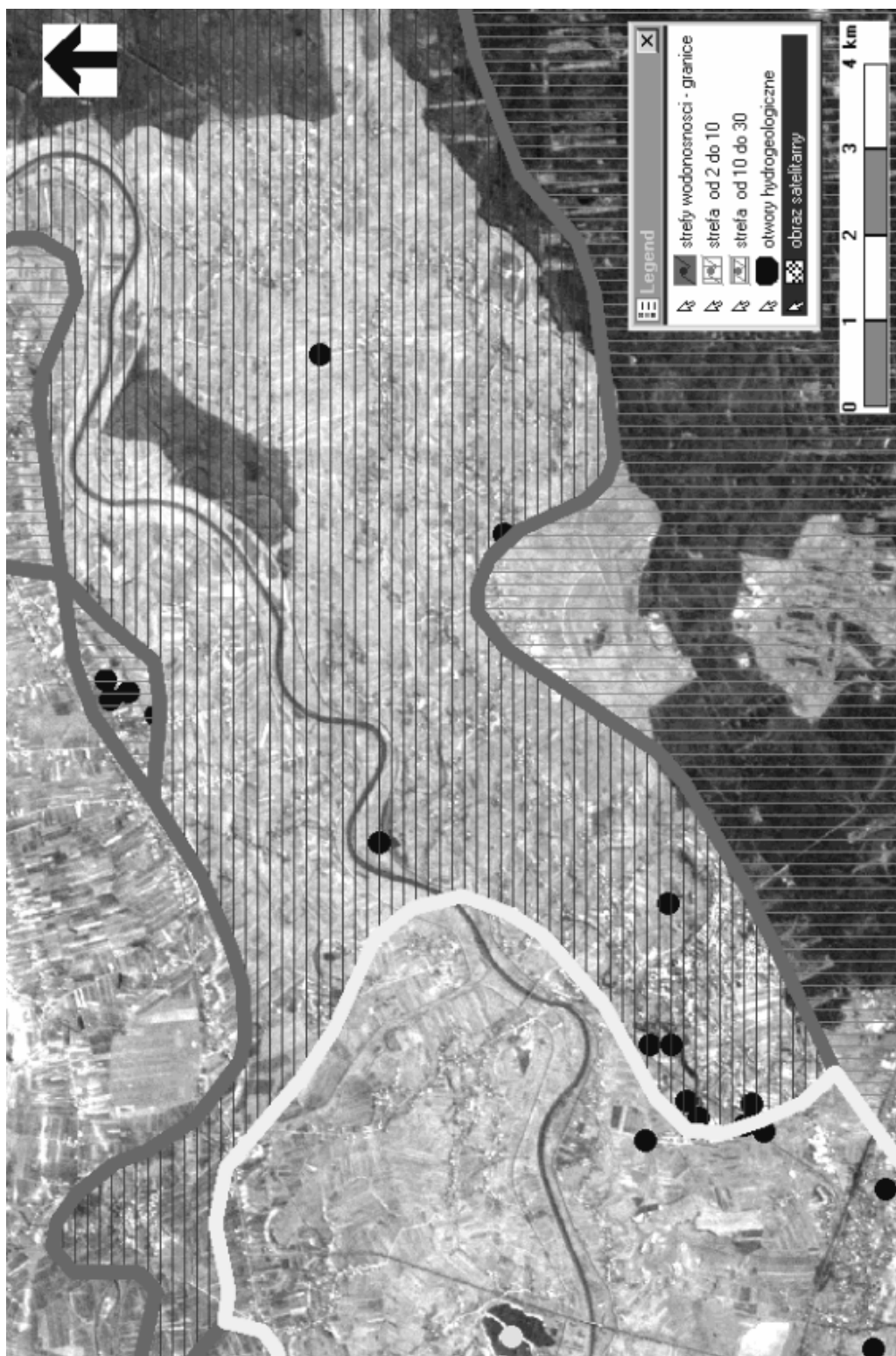
Klasyczną funkcją mapy podkładowej jest geograficzna orientacja zjawisk tematycznych. Mapa ta zawiera zwykle ograniczoną – w stosunku do mapy topograficznej – treść, która ma być przedstawiona jako drugi plan w stosunku do informacji głównej (tematycznej). Znakomicie rolę takiej mapy wypełniają foto i ortofotomapy lotnicze i satelitarne. Demonstruje to przykład przedstawiony na rys.7, zawierający fragment mapy hydrogeologicznej pokazany na tle fotomapy satelitarnej.

## 19.7 ANALIZY PRZESTRZENNE PROWADZONE W SYSTEMACH INFORMACJI PRZESTRZENNEJ

Jeśli System Informacji Przestrzennej rozumie się jako bazę danych o środowisku, w którym znajdują się różnego rodzaju dane począwszy od map poprzez obrazy teledetekcyjne, a skończywszy na nieprzestrzennych danych statystycznych, socjologicznych, ekonomicznych i innych, to nie sposób jest nie wspomnieć o analizach, których przeprowadzenie on umożliwia. Analizy przeprowadzane w systemach GIS (niezależnie od wykorzystywanego oprogramowania) można podzielić na następujące grupy:

- edytowanie, sortowanie, modyfikacje,
- zapytania do bazy danych (GIS),
- operacje matematyczne (algebra map),
- analizy wykorzystujące operatory odległości (np. tworzenie stref buforowych),
- analizy wykorzystujące operatory sąsiedztwa,
- analizy statystyczne,
- przetwarzanie obrazów,
- wspomaganie decyzji,

- analizy zmian.

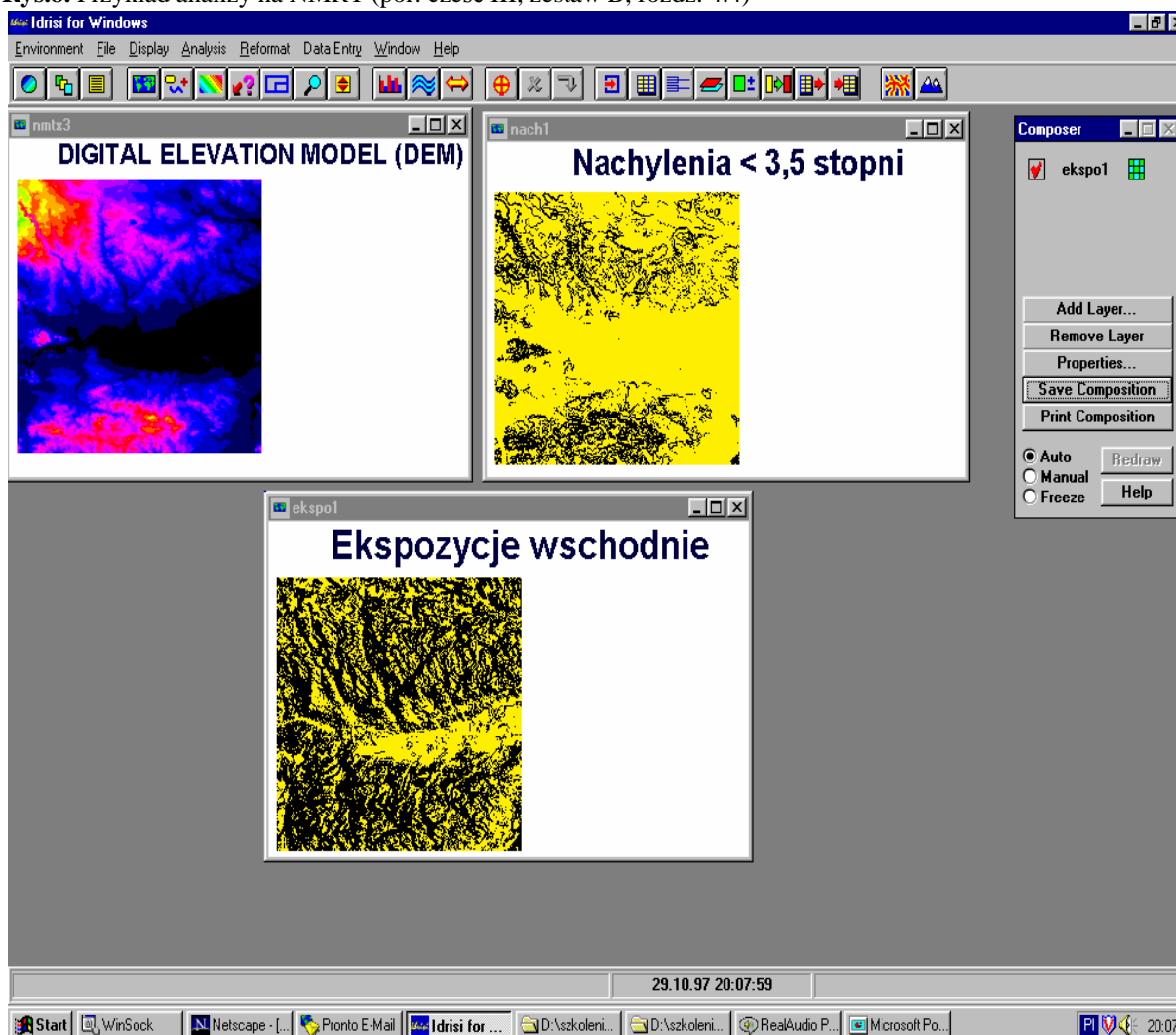


Rys.7. Fragment mapy hydrogeologicznej pokazany na tle fotomapy satelitarnej

Zapytania do bazy danych mogą obejmować zagadnienia wskazywania elementów posiadających zadane atrybuty. Analizę tego rodzaju można przeprowadzić zarówno na danych wektorowych jak i na danych rastrowych. Proste zapytania do bazy danych mogą być dwóch rodzajów: pytania przez lokalizację (co znajduje się we wskazanym miejscu; odpowiedzią może być cecha obiektu lub rekord bazy danych zawierający całą listę atrybutów),

lub też pytania o atrybut. Odpowiedzią może być “uaktywnienie” pewnych obiektów charakteryzujących się pożądaną cechą przy jednoczesnym “wygaszeniu” pozostałych. Czasami wystarczy ekranowa analiza odpowiedzi na zadane pytanie, a czasami wymagane jest sporządzenie nowej mapy.

**Rys.8.** Przykład analizy na NMRT (por. część III, zestaw B, rozdz. 4.4)

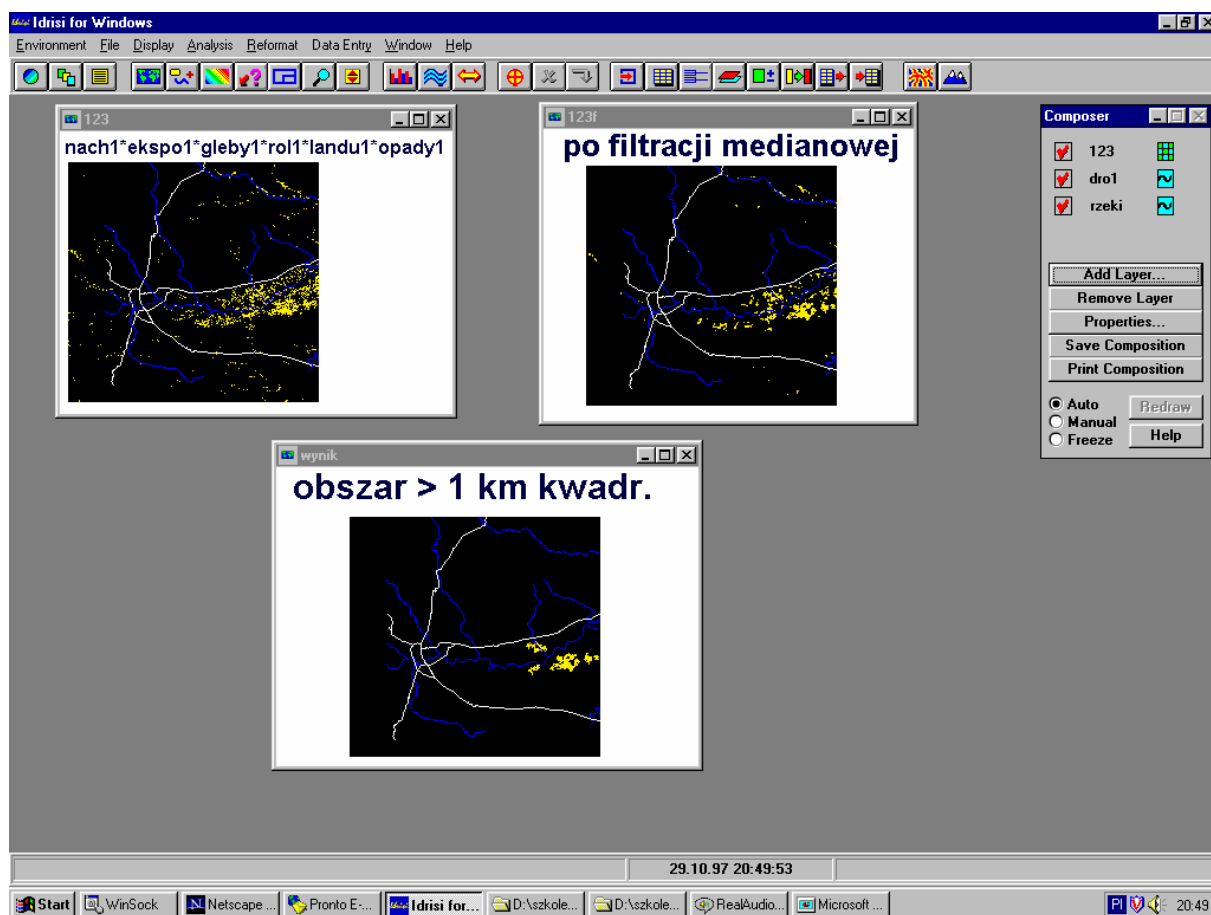


Pytanie może być złożone (*pokaż gminy o powierzchni większej niż 5 km<sup>2</sup>, liczbie mieszkańców większej niż 1000, długości asfaltowych dróg kołowych przekraczających 10 km i liczbie telefonów na 100 mieszkańców przekraczającej 20*). W przypadku danych wektorowych, z przyłączoną bazą danych, pytanie zadaje się wprost do bazy danych. Dane rastrowe nie posiadają dołączonych atrybutów i z reguły w jednym rastrze znajduje się jedna cecha przestrzenna np. powierzchnia gmin. Wymaga to zastosowania procedury reklasifikacyjnej do każdego elementarnego rastra. W wyniku działania procedury *reclass* jest tworzony nowy raster, na którym znajdują się jedynie interesujące nas elementy (w tym przypadku procedura *reclass* jest analogiczna do “zrysowywania” kalki z klasycznej mapy). Następnie poszczególne cyfrowe “kalki” są na siebie nakładane za pomocą procedury *overlay* aby ostatecznie uzyskać raster, na którym aktywny obszar spełnia wszystkie zadane przez nas warunki. Procedura *overlay* może być w tym przypadku rozumiana jako proste mnożenie poszczególnych “kalek” (por. część II B4). Oprócz działań algebraicznych typu mnożenie, dzielenie, dodawanie,



odejmowanie dla obrazów cyfrowych dostępne są wszelkiego rodzaju operacje i funkcje matematyczne.

Inna grupę analiz obejmują operatory odległości za pomocą których można wskazywać obszary o równej odległości od elementów posiadających określoną cechę, np. można wskazać obszary odległe od rzek o określoną wartość. Procedurę tę, zwana *buforowaniem*, można przeprowadzić zarówno na danych wektorowych jak i rastrowych. Dla danych rastrowych wprowadza się pojęcie tzw. mapy odległości, która przedstawia, dla wybranych obiektów najkrótszą odległość od jego granicy. Wartość piksela reprezentuje na takiej mapie odległość od obiektu. W grupie operatorów odległości znajdują się również moduły obliczania tzw. powierzchni kosztów i najkrótszej drogi. Zagadnienia te są już bardziej zaawansowane i właściwie nie do przeprowadzenia na danych wektorowych.



**Rys.9.** Przykład działania techniki filtracji obrazu (por. część III, zestaw B, rozdz. 4.4)

Następną grupę analiz stanowią tzw. operatory sąsiedztwa. Obejmują one analizy prowadzone na Numerycznym Modelu Rzeźby Terenu (NMRT), w szczególności obliczanie wielkości spadków i ich azymutów, symulacje oświetlenia powierzchni i analizy widoczności. Do tego rodzaju analiz zalicza się również zastosowanie filtrów cyfrowych, określanie granicy działu wodnego czy też analizę wklęsłości / wypukłości powierzchni. Tych analiz również nie przeprowadza się na danych wektorowych.

W pewnych przypadkach konieczne jest przeprowadzenie analiz statystycznych takich jak analiza regresji lub badanie korelacji pomiędzy danymi.

Inna duża grupa analiz obejmuje procedury do przetwarzania obrazów teledetekcyjnych: tworzenia kompozycji barwnych z kanałów obrazów wielospektralnych, rozciąganie kontrastu, filtrację lub klasyfikację obrazu.

## 19.8 CHARAKTERYSTYKA OPROGRAMOWANIA GIS

Paleta systemów GIS jest bardzo rozległa, co wynika z różnorodności rozwiązań, zakresu możliwości i dysproporcji kosztów. Systemy GIS można klasyfikować m.in. ze względu na cenę, możliwości, przeznaczenie, system operacyjny, platformę sprzętową, model danych przestrzennych, sposób przechowywania danych opisowych.

Można mówić o dużych i małych systemach GIS, przeznaczonych odpowiednio na stacje robocze i na komputery PC. Podział na stacje i na komputery osobiste staje się coraz mniej wyraźny czego dowodem jest już zakorzenione pojęcie “osobista stacja robocza”. Wy różnikiem dużych i małych systemów GIS pozostaje jednak współpraca systemu z wielodostępą bazą danych (np. Oracle) i z bazami jednostanowiskowymi (np. Access).

Rynek dużych systemów można podzielić na trzy grupy:

- najbardziej rozpowszechnione – Arc/Info firmy ESRI i MGE firmy Intergraph (w sumie około 40% rynku światowego według ilości sprzedawanych licencji),
- silnie rozpowszechnione – m.in. SICAD firmy Siemens/Nixdorf i GenaMap firmy Genasys (w sumie około 25% rynku),
- mniej rozpowszechnione ale znaczące – ERDAS, PCI, Small World (pozostałe 35%).

Jest charakterystyczne, że najliczniej są reprezentowane systemy operujące grafiką i obiektami wektorowymi, natomiast wszystkie uznane systemy rastrowe należą do trzeciej grupy.

Systemy GIS przeznaczone na klasyczne komputery PC posiadają albo nieco mniej funkcji operacyjnych albo – za względu na mniejsze osiągi platformy – realizują je sprawnie tylko dla mniejszych zbiorów informacji. Do popularniejszych należą: PC Arc/Info, MapInfo, Win GIS, Atlas GIS.

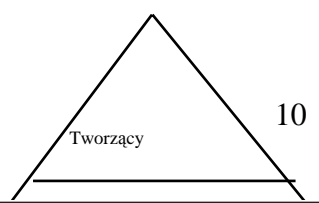
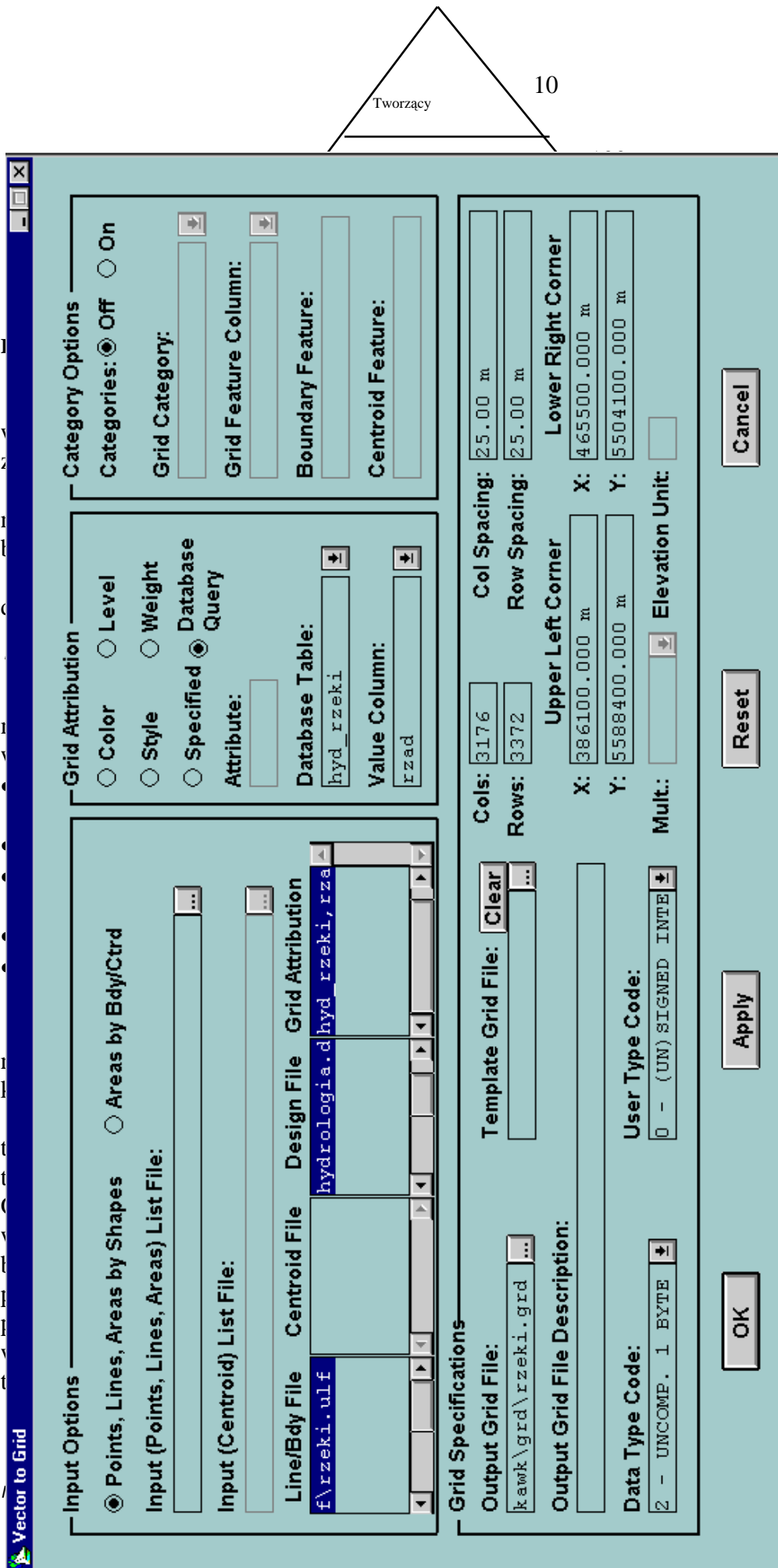
Ciekawą grupę stanowią systemy powstałe w amerykańskich uniwersytetach czy też jednostkach rządowych. Są one relatywnie tanie (np. IDRISI) a nawet niekiedy bezpłatne (np. GRASS rozpowszechniany jako *Public Domain*). Posiadają wysokie walory edukacyjne a także zadziwiająco szerokie spektrum możliwości.

## 19.9 PRZYKŁADOWE NARZĘDZIA GIS

Poziom zainteresowania osób korzystających z danych zgromadzonych w systemach GIS może być bardzo zróżnicowany (rys.10). W przeszłości systemy GIS były adresowane głównie do specjalistów, którzy takie systemy tworzyli oraz gromadzili dane. Obecnie stanowią oni niewielki procent wszystkich użytkowników systemów GIS (przyjmijmy, że jest ich 10). Mniej zaawansowani są tzw. użytkownicy, którzy zadają pytania do bazy danych, czy przeprowadzają różnego rodzaju analizy, tych jest dla porównania 100. Natomiast 1000 będzie chciało po prostu tylko przeglądać zgromadzone w bazie danych informacje, formułując jedynie proste zapytania.

Zgodnie z tą filozofią, istniejące narzędzia do obsługi systemów GIS są w ogromnej większości przypadków zbyt skomplikowane, a przez to wręcz zniechęcają do korzystania usług GIS. Powstaje zapotrzebowanie na narzędzia specjalizujące się w rozwiązywaniu różnych aspektów GIS-u. Obok systemów do budowy, zarządzania i modernizacji bazy danych potrzebne są sprawne narzędzia do analiz przestrzennych i wreszcie jako najbardziej oczekiwane – łatwe w obsłudze “przeładowarki” zasobów GIS.

Poniżej zostały krótko scharakteryzowane dwa przykładowe pakiety GIS: Modular GIS Environment (MGE) amerykańskiej firmy Intergraph i IDRISI opracowany w Clark University, USA.



10

Rys.11. Makietka programu "Vector to Grid" do konwersji modelu wektorowego na rastrowy; dane pierwotne są przechowywane w pliku wektorowym "hydrologia" połączonym z tabelą "hyd\_rzeki" zawierającą dane opisowe, powstanie zapis rastrowy "rzeki.grd" zbudowany z pikseli o wielkości 25 m. Program "Vector to Grid" jest jednym z ogniw systemu MGE Intergraph.

19-17  
 budo-  
 urdziej  
 arów-  
 stepne  
 narzę-  
 , które  
 kłado-  
 ia, ad-  
 ochod-  
 razów  
 nowa-  
 ojektji  
 / Ben-  
 o sys-  
 że być  
 ktoro-  
 kty są  
 wystę-  
 biektu  
 si po-  
 lnym i

Dzięki zachowaniu tych warunków reprezentacja geometryczna obiektu jest jednoznaczna. System restrykcyjnie sprawdza spójność geometryczną obiektów. Natomiast dla potrzeb przestrzennych analiz topologicznych mogą być generowane uzupełniające informacje, opisujące pełny, topologiczny schemat połączeń wszystkich elementów graficznych.

### 19.9.2 IDRISI

Przykładowym oprogramowaniem GIS, niedrogim, a o znacznych możliwościach szczególnie z zakresu analiz rastrowych jest pakiet IDRISI (por. część II, rozdz. 10.6). Dane można do niego wprowadzać zarówno w modelu wektorowym, z możliwością dołączenia bazy danych, jak i rastrowym, przy czym pakiet ten jest głównie nastawiony na rastry, a “obsługa” wektorów jest raczej uboga. Dla lepszej analizy danych wektorowych IDRISI posiada dodatkowy składnik tzw. CartaLynx. Analizy rastrowe w IDRISI są dostępne w opcji *Analysis: Zapytania do bazy danych* można wykonać za pomocą procedur *reclass* i *overlay* w *Analysis – Database Query*. Działania matematyczne na rastрах można wykonać za pomocą *Analysis – Mathematical Operators*. Buforowanie, wybór najkrótszej drogi wykonuje się w opcji: *Analysis – Distance Operators*. Na Cyfrowym Modelu Wysokościowym dokonuje się analiz w *Analysis – Context Operators*. Procedury do obróbki obrazów teledetekcyjnych znajdują się w opcji *Image Processing*, a analizy statystyczne można przeprowadzić za pomocą procedur zgrupowanych pod nazwą *Statistics*. Najbardziej zaawansowane analizy wspomagania decyzji i tzw. analizy zmian dostępne są w opcjach: *Decision Support* i *Change / Time Series*.

### 19.9.3 GeoMedia – proste narzędzia do przeglądania danych GIS

Dużym krokiem w stronę mniej wymagających użytkowników jest ostatni produkt firmy Intergraph: GeoMedia (GeoMedia Professional). Ta rozbudowana “przeglądarka”, pozwalająca na stosunkowo dużo analiz posiada niewątpliwie jedną, zwracającą uwagę, zaletę. Pozwala na równoczesną analizę “on line” danych pochodzących z różnych projektów, stworzonych przez różne systemy GIS np. MGE, ARC/INFO, MAPINFO, ACCESS włącznie z bazami zapisanymi w całości (dane przestrzenne i opisowe) w takich programach jak Oracle czy Access. Analiza “on line” polega na bezpośredniej pracy na tych wszystkich danych, w tym także z możliwością dokonywania w nich zmian. Przeglądarka to ma także bardzo ciekawe narzędzie do rysowania, a mianowicie możliwość automatycznego nawiązywania się do środka rastra (tzw. *snap* do rastra). Jest to pożyteczna opcja ułatwiająca i przyspieszająca wektoryzację. GeoMedia przeznaczone są dla szerokiego kręgu użytkowników systemów GIS, pozwalają przeglądać różnego rodzaju dane oraz zadawać proste pytania. Trochę bardziej zaawansowani użytkownicy mogą mieć niedosyt jeśli chodzi o możliwości przeprowadzania analiz. W aktualnej wersji GeoMedia w ogóle nie pozwalają na przeprowadzanie analiz gridowych. Nie jest to zatem program uniwersalny. Warto nadmienić, że GeoMedia dysponują specjalnym narzędziem do programowania, tworzenia swoich własnych aplikacji, co pozwala na wzbogacenie ich o pewne nowe elementy.

## 19.10 WYBRANE, ISTNIEJĄCE NA ŚWIECIE SYSTEMY GIS

### 19.10.1 Niemiecki System ATKIS (*Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem*) [Mueller W., Seyfert E., (1996)]

W Niemczech tworzenie ogólnokrajowego Systemu Informacji Przestrzennej pod nazwą ATKIS, rozpoczęło się w roku 1991. Baza danych systemu ATKIS składa się z dwóch modeli: (1) cyfrowego modelu krajobrazu – (*Digitales Landschafts Modell – DLM*) zawierającego obiekty topograficzne, cyfrowego modelu wysokościowego o wysokiej dokładności

(*Digitales Gelände Modell* – DGM) oraz (2) cyfrowego modelu kartograficznego (*Digitales Kartographische Modell* – DKM) generowanego z DLM po jego dopasowaniu do wymogów kartograficznych i prezentacji graficznej. Podstawą systemu ATKIS jest DLM 25 co jest odpowiednikiem mapy topograficznej 1:25 000. Docelowo do opracowania DLM 25 mają być wykorzystywane mapy w skali 1:5 000 stąd też dokładność DLM 25 będzie wyższa niż dokładność mapy topograficznej w skali 1:25 000 i będzie wynosiła ok.  $\pm 3$  m. Oczywiście system GIS nie posiada skali i jego zaletą jest możliwość takiego przetworzenia danych, żeby uzyskiwać cyfrowe odpowiedniki map w różnych skalach, np. dla systemu ATKIS przyjmuje się skalę od 1:5 000 do 1:100 000. System ATKIS tworzony jest w dwóch etapach: etap pierwszy – na podstawie DLM 25/1 opracowywanych w oparciu o dostępne mapy 1:5 000 lub 1:10 000, i etap drugi (DLM 25/2), w ramach którego planowane jest przede wszystkim ujednolicenie dokładności do poziomu rzeczywiście  $\pm 3$  m. Ponadto w ramach drugiego etapu planuje się aktualizację mapy DLM 25/1 i wzbogacenie jej treści. Tworzenie systemu ATKIS przebiega w Niemczech różnie w zależności od regionu. W roku 1993 ATKIS (DLM25/1) został w ok. 50% opracowany w krajach związkowych: Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz. Problemem są obszary Niemiec wschodnich, gdzie stan zawansowania prac wynosił w 1993 roku ok. 10%, ze względu na nieaktualność istniejących map w skalach zarówno 1:5 000 i 1:10 000.

Przykładowo dla okręgu Brandenburgii pierwszy etap, czyli tworzenie DLM 25/1 rozpoczęło się w 1992. Dane źródłowe pozyskano w 44% z istniejących map w skali 1:10 000, w 39% na podstawie fotomap w skali 1:10 000, uzyskanych z pojedynczych zdjęć za pomocą przekształcenia rzutowego, w 14% z ortofotomap wygenerowanych cyfrowo za pomocą stacji PHODIS, a w 3% również metodą fotogrametrycznego pomiaru modeli stereoskopowych. Użytkownicy DLM 25 są zgodni, że okresową jego aktualizację należy przeprowadzać co najmniej raz na 5 lat, a w przypadku zabudowy i np. dróg co roku.

Cyfrowe ortofotomapy były wykonywane na podstawie zdjęć lotniczych czarno-białych w skali 1:34 000. Dla potrzeb ortofotomapy opracowywano model rzeźby terenu, o siatce  $25\text{ m} \times 25\text{ m}$  i dokładności  $\pm 2$  m. Wynikowym formatem ortofotomapy był TIFF, a wielkość piksela w terenie wynosiła  $65\text{ cm} \times 65\text{ cm}$ .

W przypadku fotogrametrycznego pomiaru modeli stereoskopowych na autografii (Topokart) punkty do orientacji zewnętrzne były przyjmowane z bezpośrednich pomiarów geodezyjnych (ok. 25 punktów z zakresu mapy topograficznej w skali 1:50 000) i określone za pomocą aerotriangulacji (36 punktów w obrębie mapy topograficznej 1:10 000).

Podczas tworzenia map DLM 25 dla potrzeb systemu ATKIS warstwa zabudowy została potraktowana specjalnie. Opracowanie tej warstwy przesunięto w czasie do drugiej fazy opracowania z powodu trudności w pozyskiwaniu danych o budynkach. Najłatwiej byłoby pozyskać te dane z mapy katastralnej (*Automatisierte Liegenschafts-Karte* – ALK). Problem jednak polega tym, że mapa katastralna w postaci cyfrowej (ALK) istnieje tylko dla pewnych obszarów, np. w Brandenburgii rozpoczęto tworzenie ALK w 1992, a zakończenie tego procesu planuje się na rok 2010 lub później. W związku z brakiem danych proponuje się, żeby informację dotyczącą budynków albo pozyskiwać (jeśli to możliwe) z istniejących map ALK, albo kupować te informacje od firm, które mają swoje opracowania kartograficzne dotyczące budynków, których są właścicielami, albo pozyskać je ze zdjęć lotniczych. W latach 1996-1997 zostały wykonane czarno-białe zdjęcia lotnicze w skali 1:10 000 na terenie całej Brandenburgii. Opracowanie warstwy budynków zlecono firmom prywatnym. Pilotażowy projekt, dla południowej części Berlina, obejmował 16 map w skali 1:1 000 i zakończył się sukcesem. Koszt naniesienia 1 budynku wyniósł poniżej 2 marek. W bazie danych ATKIS znalazły się ponadto: z-towa współrzędna podstawy budynku, wysokość, a także dodatkowe atrybuty jak np. typ dachu.

W systemie ATKIS powinien znajdować się także model rzeźby terenu (DGM 25), o siatce 25 m × 25 m i dokładności wysokościowej ±2 m. Do tej pory w okręgu Brandenburgia opracowano jedynie DEM 50, o wielkość siatki 50 m × 50 m i dokładności wysokościowej ±5 m. W drugim etapie planuje się dostosowanie danych dla potrzeb DEM 25. W celu jego utworzenia planowana jest digitalizacja warstwicy mapy topograficznej w skali 1:25 000 oraz pomiary fotogrametryczne.

### 19.10.1.1 Automatyczna aktualizacja systemu ATKIS

[Walter V., 1998]

Do testowania automatycznej klasyfikacji obrazu dla potrzeb aktualizacji systemu GIS został wybrany obszar ok. 40 kilometrów kwadratowych, okręgu Nordreihn-Westfalen. Do tego celu wykorzystano lotniczy multispektralny optyczny system obrazujący (*Digital Photogrammetric Assembly* – DPA), którego rozdzielczość terenowa, dla danych wielospektralnych, wynosi 0,60 m przy wysokości lotu 2 300 m. Dane DPA poddano klasyfikacji nadzorowanej dla wydzielenia następujących kategorii: las, zabudowa, obszary rolnicze, drogi, woda. Wyniki klasyfikacji można podsumować następująco: las ze względu na homogeniczny charakter jego powierzchni został wydzielony w stopniu bardzo dobrym, tereny rolnicze, pomimo pewnej nie homogeniczności powierzchni, również bardzo dobrze, a typem pokrycia najlepiej wydzielonym była oczywiście woda. Efekty wydzielenia dla obszarów zabudowanych były najgorsze. Wynika to z dużej różnorodności powierzchni zabudowy, w skład której wchodzi zarówno dachy budynków, ich cienie, jak też drzewa i trawa. Zjawisko to wystąpiło, pomimo zastosowania obrazów o sztucznie obniżonej rozdzielczości do 2 m. Sytuacja poprawiłaby się gdyby bardziej uszczegółowić klasyfikację, wybierając pola treningowe oddające różnorodność zabudowy. W trakcie prac zbadano wpływ rozdzielczości na dokładność automatycznego wydzielenia obiektów. Okazało się, że zmniejszenie rozdzielczości wpływa na to, że zabudowa staje się bardziej jednorodna i przez to łatwiejsza do automatycznego wydzielenia, za to dokładność tego wydzielenia maleje. Zwiększenie natomiast rozdzielczości obrazu powoduje, że zabudowa jest trudniejsza do wydzielenia w przeciwieństwie do mniejszych powierzchniowo elementów np. dróg.

Wyżej wymienione trudności nie dyskwalifikują automatycznej klasyfikacji danych teledetekcyjnych jak źródła danych do aktualizacji systemów GIS (ale nie w zakresie zabudowy). Oznacza to jedynie, że metoda ta wymaga jeszcze trochę pracy, żeby mogła być praktycznie do tego celu wykorzystywana. Jej zaletą byłaby oczywiście szybkość, jeśli nawet tylko w automatycznym wyszukiwaniu zmian, co jest szczególnie ważne jeśli weźmie się pod uwagę rzeczywiście pięcioletni czas aktualizacji dużego systemu GIS, np. dla całego okręgu, czy kraju.

### 19.10.2 Amerykański System GISOM (*Generating Information from Scanning Ohio Maps*) [Ramirez, J.R. 1996]

W 1991 roku w Stanach Zjednoczonych mniej niż 5% map topograficznych w skali 1:24 000 miało swój odpowiednik w formie cyfrowej. Tworzenie cyfrowej postaci polegające albo / i na konwersji istniejących map analogowych lub bezpośrednio w oparciu o techniki cyfrowe (fotogrametryczne, GPS, Total Station) jest zadaniem w skali kraju bardzo czasochłonne i niezwykle kosztowne. Samo utrzymywanie w aktualności map w postaci analogowej jest trudne. Przykładowo w Stanach Zjednoczonych uzyskanie pełnego pokrycia analogowymi mapami topograficznymi w skali 1:24 000 zajęło prawie 40 lat i kosztowało setki milionów dolarów. Zaletą cyfrowej mapy jest stosunkowa łatwość w jej aktualizacji. Dlatego też problem ten stał się przedmiotem zainteresowania w obecnych czasach “przechodzenia na postać cyfrową”. Aktualizację map można generalnie podzielić na cztery grupy zadań:

- kompletna aktualizacja,
- aktualizacja częściowa,
- aktualizacja fotogrametryczna,
- sprawdzenie treści za pomocą zdjęcia.

W roku 1991 powstał projekt *Generating Information from Scanning Ohio Maps* (GISOM), ramach którego opracowywana była technologia zamiany istniejących map analogowych do postaci cyfrowej (formatu DLG – *Digital Line Graphic*). Powstały następujące warstwy (zbiory DLG): granice, hydrografia, hipsometria, *public land survey system* i transport. System został stworzony w oparciu o aplikację opracowaną w Arc/Info. Problem reambulacji map może być podzielony na 3 etapy: (1) identyfikacja zmian, (2) zgromadzenie danych umożliwiających wprowadzenie zmian w systemie, (3) przetwarzanie, usuwanie lub / i scalanie danych istniejących z aktualnymi. W celu identyfikacji zmian wykorzystywano ortofotomapy na które nakładano istniejący w postaci DLG wektor. Oczywiście ortofotomapa nie jest jedynym, a przede wszystkim nie jest wystarczającym źródłem danych podczas reambulacji systemu GIS (szczególnie jeśli chodzi o dane opisowe).

### 19.10.3 Fiński System TDS (*National Topographic Data System*) [Patten V., 1998]

Podstawowa mapa topograficzna Finlandii w skali 1:20 000 składała się z 3 700 arkuszy i jej tworzenie w postaci analogowej skończyło się w 1975 roku. Przyjęto cykl aktualizacji 10-20 lat dla terenów nieurbanizowanych i 5-10 lat dla terenów zurbanizowanych. Trwają prace nad stworzeniem narodowego systemu danych topograficznych TDS, przy czym dokładność danych będzie odpowiadać mapom w skali 1:5 000 i 1:10 000. Obecnie system TDS pokrywa ok. 70% powierzchni Finlandii, przewiduje się pokrycie całej powierzchni kraju do 2000 roku. Do tworzenia systemu wykorzystuje się własne oprogramowanie MAAGIS opracowane w środowisku OpenVMS. O wielkości przedsięwzięcia świadczy fakt, że zaangażowanych jest ok. 400 osób, 230 stacji roboczych oraz ok. 30 autografów analitycznych. System TDS tworzony jest na dwóch poziomach (A i B – gorszy pod względem dokładności, podobnie jak DLN 25/1 w Niemczech). Poziom A obejmuje głównie opracowanie autogrametryczne zdjęć lotniczych w skali 1:16 000 (1:31 000), poziom B obejmuje digitalizację istniejących map w skali 1:10 000 wraz z ewentualną ich aktualizacją za pomocą zdjęć lotniczych. Około 60% danych pochodzi już z poziomu A. Aktualizację systemu TDS prowadzi się głównie na podstawie wektoryzacji cyfrowych ortofotomap, czasami wykorzystując również bezpośredni pomiar GPS. Raz na 3, 4 lata wykonuje się drobnoskalowe zdjęcia lotnicze (1:60 000), które jednak, głównie ze względu na dokładność, nie są wystarczające do aktualizacji systemu TDS. W celu aktualizacji danych wykonywane są zatem zdjęcia lotnicze w większych skalach 1:30 000 i 1:16 000 (zdjęcia panchromatyczne kamerą RC20). Zdjęcia są skanowane z rozdzielczością 20 mikrometrów, co w skali 1:30 000 daje wielkość piksela w terenie – 60 cm. W celu stworzenia ortofotomapy generowany jest NMT w siatce 25 m i o dokładności wysokościowej maksimum 2 m. Arkusz pojedynczej ortofotomapy pokrywa teren 5 km × 5 km, a wielkość piksela wynosi 50 cm.

Rok 1998 jest przełomowy dla Finlandii ponieważ zostaje wprowadzony nowy system JAKO bazujący na SmallworldGIS. MAAGIS zostanie zastąpiony przez SmallworldGIS, a TDS będzie połączony z katastralną bazą danych. Całkowity koszt pierwszej części wprowadzania JAKO wyniesie 70 milionów FIM.

## 19.11 PODSUMOWANIE

Systemy GIS integrują różne techniki pozyskiwania danych. Budując krajowy lub regionalne systemy informacji przestrzennej dane musimy pozyskiwać z różnych źródeł. Me-

tody bezpośrednich pomiarów w terenie stosuje się tylko wtedy gdy są one absolutnie niezbędne, co wynika z aspektu ekonomicznego. Równocześnie musimy pamiętać o ogromnym zbiorze informacji zgromadzonym w zasobie geodezyjnym stanowiącym wynik pracy pokoleń geodetów. Wprawdzie dane te są często niezbyt aktualne (stopień aktualności jest nieznanym i trudnym do kameralnej weryfikacji) ale ich przydatność w wielu przypadkach nie jest kwestionowana. Osobny problem stanowi technologia przekształcania tych danych na postać wymaganą przez system informacyjny, której nie daje się w pełni zautomatyzować.

Zdjęcia lotnicze stanowią podstawowe źródło aktualizacji danych. Problem weryfikacji aktualności danych zgromadzonych w zasobie geodezyjnym i ich aktualizacji w znacznym stopniu można rozwiązać korzystając z aktualnych zdjęć lotniczych. Jak wykazały to doświadczenia wielu krajów są one szczególnie przydatne w zakresie aktualizacji map użytkowania terenu.

Pojawia się coraz większe zapotrzebowanie na przedstawienie kształtu powierzchni terenu w postaci numerycznego modelu rzeźby terenu. W krajach rozwiniętych stanowi on jeden z podstawowych składników systemu informacji przestrzennej. Technologia fotogrametryczna okazała się optymalnym sposobem opracowania numerycznego modelu rzeźby terenu, dzięki możliwości zautomatyzowania w wysokim stopniu procedury pomiarowej stosując techniki korelacji zdjęć.

Technologia fotogrametryczna umożliwia również na wytwarzanie – w procesie w wysokim stopniu zautomatyzowanym – ortofotomap cyfrowych, nowego jakościowo produktu, który może być składnikiem bazy danych systemu informacji przestrzennej.

Dla wielu potrzeb przydatne są również obrazy satelitarne. Ciągły postęp technologiczny w zakresie pozyskiwania obrazów satelitarnych, wprowadzenie nowej generacji satelitów komercyjnych, które mają dostarczyć obrazów o metrowej rozdzielczości sprawia, że znacznie wzrasta przydatność obrazów satelitarnych, stanowią one pewną konkurencję dla drobnoskalowych zdjęć lotniczych, a w wielu zastosowaniach dzięki ich aktualności stają się niezastąpionym materiałem źródłowym.

## 19.12 BIBLIOGRAFIA

1. Białousz St., 1997: Kształcenie w zakresie systemów informacji przestrzennej. Materiały Konferencji Systemy Informacji Geograficznej – GIS w praktyce. Kraków.
2. Gaździcki J., 1990: Systemy Informacji Przestrzennej. PPWK Warszawa – Wrocław.
3. Ney B., Baranowski M., 1995: Założenia dotyczące systemu informacji przestrzennej w Polsce. Przegląd Geodezyjny Nr 6/1995.
4. Ramirez J.R., 1996: Spatial Data Revision: Toward an Integrated Solution Using New Technologies. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXI, Part B4, Vienna.
5. Mueller W., Seyfert E., 1996: Updating of the ATKIS Digital Landscape Model 25 at the State Survey Administration of Brandenburg. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXI, Part B4, Vienna, Austria.
6. Urbański J., 1997: Zrozumieć GIS. PWN, Warszawa.
7. Walter V., 1998: Automatic Classification of Remote Sensing Data for GIS Database Revision. ISPRS Commission IV Symposium: GIS – Between Visions and Applications. Stuttgart, Germany.
8. Widacki W., 1997: Wprowadzenie do Systemów Informacji Geograficznej. Kraków.