

Zbigniew Sitek

## ZINTEGROWANY GIS W MONITORINGU SKAŻONEGO ŚRODOWISKA NATURALNEGO\*

### 1. Wstęp

W ostatnim dziesięcioleciu przemysł komputerowy wprowadził na rynek i rozwinął pakiety programów pod nazwą Geograficzne Systemy Informacyjne (GIS<sup>xx</sup>). Sytemy te bazują albo na pojedynczych komputerach PC albo na zespołach sieciowych, będących częścią zintegrowanych informacyjnych systemów zarządzania (Mitchel, 1993). Istotą każdego GIS-u jest dostarczanie wiarygodnych środków do podejmowania decyzji - pozyskiwanych z różnego rodzaju źródeł. W przypadku monitoringu środowiska tych źródeł jest niezwykle bogactwo, gdyż liczne bogactwo informacji jest pozyskiwane różnymi technikami i w rozmaitych formatach. Jedne dane pochodzą z zestawień statystycznych, inne z przeróżnych map, jeszcze inne z teledetekcji.

Dane są ujęte w różnych układach odniesienia lub też bez żadnej lokalizacji, jak np. w przypadku procesów i zjawisk. Mogą być określone wartościami bezwzględными lub względnymi, w formie analitycznej, syntetycznej, prostej lub złożonej - w postaci cyfrowej lub analogowej.

Informacje takie mają zazwyczaj charakter statyczny - gdy zbierane są pojedynczo z map - lub są wieloczasowe, kiedy są pozyskiwane ze stanowisk pomiarowych zanieczyszczenia środowiska lub/ oraz metodami teledetekcyjnymi.

Podjęte w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH badania w zakresie budowy monitoringu środowiska obszarów skażonych są nakierowane na pokonanie trudności, jakie pojawiają się przy wykorzystaniu technologii GIS do badania oceny stanu środowiska naturalnego. Trzyletnie badania są finansowane przez Komitet Badań Naukowych i mają na celu m.in.:

- opracowanie metodyki zasilania bazy danych GIS z wykorzystaniem danych pozyskiwanych bezpośrednio i teledetekcyjnie,
- opracowanie metod aktualizowania banku danych dla regionu krakowskiego,
- adaptowanie technik manipulowania danymi do przeprowadzenia analiz i porównań stanu środowiska,
- wypełnienie bazy danych dla wybranego obszaru województwa krakowskiego,
- opracowanie przykładów przedstawiania i rozpowszechniania informacji o stanie środowiska pozyskiwanych z GIS, ukierunkowanego na kształtowanie i ochronę środowiska.

\* ) Praca realizowana w ramach projektu KBN "Monitoring środowiska z wykorzystaniem GIS"

xx) Geographic Information System

Zrealizowanie tych zadań zależy w głównej mierze od stopnia zintegrowania informacji pozyskiwanych różnymi sposobami, z odpowiednim geograficznym systemem informacyjnym. Trudności jakie się przy tym spotyka są treścią niniejszego artykułu.

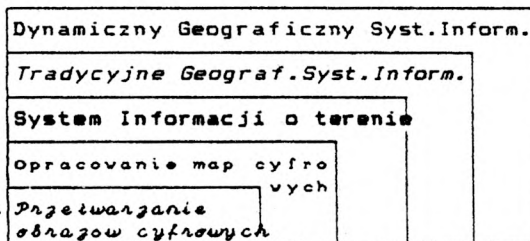
W przestrzeni zanieczyszczonego środowiska są gromadzone w GIS również informacje, które zmieniają się z godziny na godzinę lub z dnia na dzień - zarówno w czasie jak i w przestrzeni.

Dlatego wtedy do analizy i obrazowania takich zjawisk dynamicznych - uzależnionych np. od kierunku i prędkości wiatru - należy wykorzystywać wieloetapowy proces obliczeniowy, wymagający przeprowadzenia kilku cząstkowych procesów i szczegółowych kompilacji. Jest to powodem, że tradycyjny, statystyczny GIS musi być tutaj zastąpiony kolejną generacją GIS-u - GIS-em dynamicznym [1] - patrz rys.1.

### ETAPY ROZWOJU GIS

POSŁUGUJA SIE:

Obiektami geograficznymi  
 Topologią  
 Właściwościami map i atrybutami  
 Wektorami, CMT, siatka (rastrum)  
 Procesem obrazowania map



SŁUZY DO:

Modelowania przestrzennego  
 Analiz przestrzennych  
 Zapytań do bazy danych  
 Zarządzania danymi map  
 Zarządzania dokumentacją mapową

Planowanie  
 Raster  
 Redagowanie  
 Kartowanie

Digitalizacja  
 Wektoryzacja  
 Pomiary fotogram.  
 Kartografie

Zastosowania bazy danych przez użytkownika  
 Narzędzia do analiz przestrz.

Wszystkie informacje oparte na normie zorientowane obiektowo

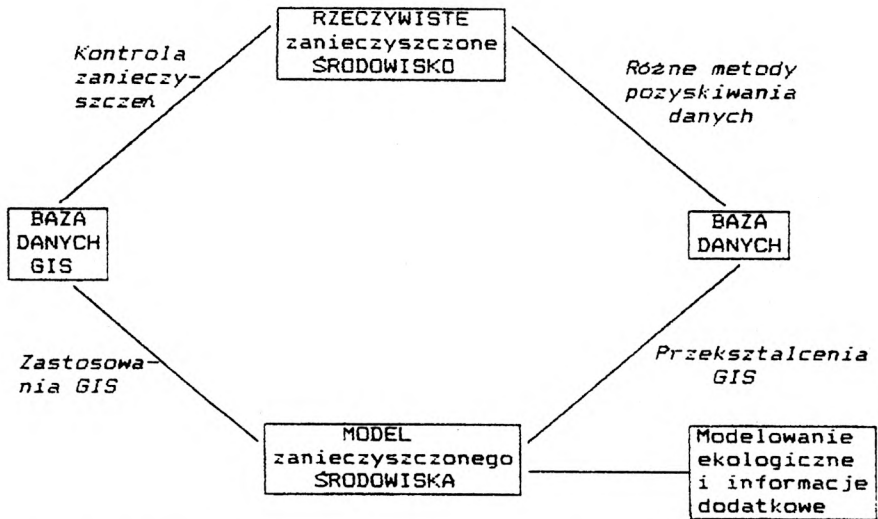
WYKORZYSTUJA:

Rys.1. Etapy rozwoju GIS (zaczerpnięto z [1])

## 2. Monitoring zanieczyszczonego środowiska z wykorzystaniem technologii GIS

Monitoring obszarów skażonych powinien dostarczać różnorodnych parametrów biorących udział w procesach zanieczyszczania środowiska. Analizy powinny prowadzić do ujawniania obszarów skażonych i/lub zniszczonych. Takie informacje można włączać do ekologicznego modelowania w kształtowaniu środowiska takiego jak np. określanie propagacji zanieczyszczeń powietrza w wybranych sytuacjach meteorologicznych lub określanie zagrożeń środowiska lub zdrowia ludzi z wykorzystaniem modeli ekotoksykologicznych. Wtedy końcowe analizy przyczynią się do zbudowania modelu ilościowego, który można zastosować jeśli są dostępne dodatkowe dane. Umożliwi to

generowanie informacji o stanie zanieczyszczenia środowiska. Schemat takiego procesu do monitorowania zanieczyszczonego środowiska przedstawia rys.2. Pomysł zestawienia takiego schematu zaczerpnięto z publikacji [2].



Rys.2. Schemat monitoringu środowiska opartego na technologii GIS.

Jak widać pierwszym krokiem w procesie monitorowania jest pozyskiwanie danych z wykorzystaniem różnych metod. Korzysta się z takich źródeł jak:

- mapy ujmujące informacje topograficzne i tematyczne,
- pomiary terenowe dostarczające m.in. wielkości zanieczyszczeń powietrza i gleb,
- pomiaru z pułapu lotniczego i satelitarnego uzyskane z kamer, skanerów i radiometrów.

Pozyskiwane dane mają zarówno wskaźniki przestrzenne określające położenie  $x$ ,  $y$ , jak i nieprzestrzenne (opisowe) określające inne właściwości obiektów lub zjawisk. Te wskaźniki opisowe (atrybuty) mogą być ilościowymi kiedy np. dotyczą opadu pyłu w danym punkcie lub jakościowymi kiedy opisują typ gleby w tym samym punkcie. Ponadto atrybuty mogą się w danym punkcie zmieniać w miarę upływu czasu.

Pozyskiwanie danych podstawowych czerpanych z rzeczywistego środowiska jest dokonywane metodami teledetekcyjnymi lub sposobami bezpośrednimi. Zdalnie pozyskiwane informacje, które tworzą bazę danych mogą mieć postać wektorową, ale wiele innych - postać rastrową lub tabelaryczną.

Kolejnym ważnym krokiem są przekształcenia pozyskiwanych danych do formatu (będącego do dyspozycji) geograficznego systemu informacyjnego, ażeby określić model zanieczyszczonego środowiska.

W celu ustalenia takiego modelu, przydatnego do analiz zanieczyszczenia i opartego na przekształceniach GIS, niezbędne są informacje ze znanych powierzchni testowych, które mogą być zgromadzone w postaci punktów, linii wieloboków i powierzchni. Utworzony w taki sposób model będzie źródłem wszystkich informacji o rzeczywistym środowisku i będzie dostarczał danych dla zastosowań GIS. Może to posłużyć m.in. do określania:

- rodzaju, zasięgu i stopnia zanieczyszczenia,
- oceny wpływu zanieczyszczenia środowiska na zdrowie ludności,
- oceny wpływu różnych skażeń na degradację gleb,
- oceny wpływu pyłu i kwaśnych deszczy na ekosystemy leśne,
- obszarów poddanych uciążliwemu zagrożeniu ekologicznemu.

### 3. Integracja danych GIS, teledetekcyjnych i tabelarycznych

Integracja danych teledetekcyjnych, tabelarycznych pochodzących z pomiarów bezpośrednich i danych geograficznego systemu informacyjnego zależy w głównej mierze od wyposażenia, oprzyrządowania komputerowego i zaplecza danej instytucji, która zajmuje się monitoringiem. Do tego zaplecza należą [4]: osiągalność danych, możliwość zakupienia danych i ich koszt, możliwość nabycia oprzyrządowania i jego koszt, standardy i ich stosowanie w praktyce, wykształcenie i doświadczenie personelu oraz infrastruktura organizacyjna. Dla integracji systemu GIS bardzo ważnym jest [10]:

- zaplecze obliczeniowe,
- formaty i dostęp do danych,
- przepływ procesu.

W systemie integracyjnym należy także uwzględniać źródła błędów i ich akumulację.

Jeśli użytkownik korzysta z danych teledetekcyjnych i pomiarów terenowych oraz GIS, zatem musi mieć do dyspozycji oprogramowanie do przetwarzania obrazów cyfrowych w zasięgu GIS-u.

Dla potrzeb monitoringu środowiska obszarów skażonych integracja takiego oprogramowania teledetekcyjnego i technologii GIS umożliwiającej analizę przestrzenną wraz z innymi informacjami jest zadaniem złożonym. Te inne informacje, tj. pomiary terenowe dostarczają danych o stanie zanieczyszczenia. Mają one zazwyczaj postać tabel, w których atrybuty reprezentują zanieczyszczenia powietrza, gleb lub inne skażenia.

Można wyróżnić trzy poziomy systemów integracji [11]. Każdemu z nich towarzyszą odpowiednie koszty, różne składowe oprzyrządowania i doświadczenia użytkowników.

Na zerowym poziomie - dane teledetekcyjne są przetwarzane na jednym komputerze i wyniki przesyłane do drugiego w którym zainstalowano oprogramowanie GIS wraz z danymi dodatkowymi.

Na pierwszym poziomie integracji oprogramowanie GIS i oprogramowanie teledetekcyjne zainstalowano w jednym komputerze. Ale występuje tu nadal konieczność konwersji zbiorów, które są w różnych formatach w obydwu systemach. Nie rozwiązano zatem problemu kopiowania informacji - co musi rozwiązać użytkownik. Te dwa systemy mogą w pewnym stopniu współdziałać ale program GIS różni się i nie jest dostosowany do oprogramowania teledetekcyjnego. Trzeba je integrować. Często zdarza się [6], że oprogramowanie GIS i jego funkcje obrazowania są używane do kontrolowania nakładanych warstw informacyjnych w urządzeniu graficznym. Ale oprogramowanie teledetekcyjne i funkcje obrazowania wprowadzają wyświetlanie obrazów w podstawowych barwach naturalnych. Dlatego na tym poziomie integracji - kiedy oprogramowanie GIS koordynuje ukształtowanie geometrii obrazu wygenerowanego z danych teledetekcyjnych i modułów GIS - macierze GIS-owskie są prawie doskonałą nakładką na obrazy teledetekcyjne.

Najwyższy poziom integracji (poziom 2) - to pojedynczy system zintegrowanego oprogramowania, nazwany "zintegrowanym geograficznym systemem informacyjnym" (IGIS\*). Musi bazować na formacie rastrowym i jest w stanie wykorzystywać zbiory danych GIS-owskich i teledetekcyjnych oraz ich oprogramowania i procesy operacyjne.

### 4. Funkcje integracyjne danych

Dla monitoringu zanieczyszczonego środowiska niezbędna jest jedna baza danych. Powinna być zgodna z bazą zbiorczą i integrować możliwości graficzne z danymi atrybutowymi, które są zazwyczaj danymi alfanumerycznymi. Ale jak dotychczas zbiorczą

\* Integrated Geographic Information System

baza danych systemów GIS posiada dwie struktury zapisu: rastrową (siatkową) i wektorową (poligonową).

Rastrowe systemy GIS wykorzystują kodowanie różnorodnych zmiennych w oczkach siatki tworzącej macierz, którą można nakładać na powierzchnię terenu. Informacje atrybutowe i zmienne są zainstalowane wewnątrz systematycznie zestawianych szeregach oczek siatki. Oczka te w teledetekcji nazywa się pikselami (elementami obrazu) i są traktowane oraz wyświetlane w systemach GIS jak obrazy zbiorów teledetekcyjnych. Oznacza to, że zbiory GIS i zbiory teledetekcyjne są odnoszone do tych samych miejsc w terenowym układzie współrzędnych.

GIS wektorowy jest z powodzeniem stosowany przy włączaniu informacji tematycznych czerpanych z różnego rodzaju pomiarów terenowych oraz z interpretacji wizualnej danych analogowych pozyskiwanych metodami fotogrametrycznymi lub też z rozmaitych map.

Takie dane analogowe można systematycznie digitalizować na format GIS-u wektorowego i można je zapisywać współrzędnymi w postaci węzłów i linii modeli topologicznych prostoliniowych lub krzywoliniowych. Ale bardzo trudno jest przekształcić cyfrowo pozyskiwane informacje teledetekcyjne na format GIS-u wektorowego.

Należy zaznaczyć, że mimo iż dane można dostarczać bądź w postaci rastrowej lub wektorowej, to analizę danych dokonuje się w formacie rastrowym [5]. Obecnie na rynku jest dostępnych kilka systemów, które zapewniają integrację teledetekcyjnych danych obrazowych z bazą danych GIS. Należą do nich systemy: GRASS, ERDAS, CARIS, IDRISI, MAPS i SPANS. Systemy te wyposażono w narzędzia do rejestracji, przetwarzania i analizy obrazów. Cyfrowe obrazy teledetekcyjne mogą być poddane wzmocnieniu, korekcji geometrycznej, klasyfikacji i następnie przepisane jako atrybuty do rastrowego GIS-u, i wówczas mogą być analizowane podobnie jak pozostałe dane GIS-u. Atrybuty zaczerpnięte z teledetekcji można wykorzystać do określania różnych parametrów, które opisują stan środowiska podobnie jak jego skażenia.

Podstawowe funkcje GIS-u omówiono w różnych podręcznikach. Niemniej w pracy [5] przedyskutowano różnice w wywiązywaniu się z tych funkcji kiedy korzysta się z systemów wektorowych i rastrowych. Tutaj załączam tylko podsumowanie tych rozważań.

Monitor ekranowy informacji teledetekcyjnych i informacji GIS wykorzystując lampę obrazową wyświetla dla wizualnego sprawdzenia chwilowy obraz i jest najbardziej zauważalną częścią systemu GIS-owsko-teledetekcyjnego. Rozkazy wyświetlania zarządzają operacjami dokonywanymi na monitorze i dostarczają rozkazów, które odtwarzają wszelkiego rodzaju dane na graficznym monitorze ekranowym.

Stosunkowo prosty system wyświetlania wektorowego wyposażono w ograniczoną liczbę kolorów, ale oprogramowanie musi mieć możliwość przekształcenia wektorów na reprezentację rastrową w celu wyświetlenia zapisu bitowego opracowanej mapy. Nie jest już stosowane kreskowe wektorowe magazynowanie wyświetlania, mimo że ono może odtwarzać więcej punktów lub pikseli na centymetr niż zapis bitowy opracowanej mapy.

Manipulowanie atrybutami jest dużo prostsze dla zmiennych GIS-u rastrowego niż dla zmiennych wektorowych. W systemie wektorowym atrybuty można gromadzić w postaci listy i przypisywać kody każdemu rodzajowi informacji lub zbierać w relacyjnej bazie danych. Taki atrybut dla danych wektorowych może mieć różne kody w zależności od kierunku wektora lub jego sąsiedztwa. W GIS-ie rastrowym kod identyfikujący wartość atrybutu jest przypisany odpowiedniemu oczku siatki w zestawie danych rastrowych. W czasie analiz atrybuty wynikowe powinny ujawniać, które funkcje zostały połączone (stworzyły kombinacje).



Do innych funkcji integrujących teledetekcję i GIS należą [5]:

- analizy pionowe (w pionie),
- analizy zasięgu (odległościowe),
- operacje sąsiedztwa,
- przekształcenia raster-wektor (i vice-versa).

Analizy pionowe są w jakimś stopniu podobne do działania na punktach w teledetekcyjnych technikach przetwarzania obrazu [9] - określanych niekiedy jako operacje specjalne na punktach lub pojedynczych pikselach (kiedy np. modyfikują wartość jasności pojedynczego piksela, niezależnie dla całego zespołu pikseli).

W systemie rastrowym mogą być łatwo przeprowadzone, ale w operacjach wektorowych jest to złożone zadanie. Analizy pionowe stosuje się do łączenia atrybutów numerycznych kilku niezależnych zmiennych w zmienną wynikową, otrzymaną w rezultacie analizy. W systemie rastrowym każda zmienna wejściowa, przypisana danemu pikselowi, poddana jest procesowi według ustalonej przez użytkownika funkcji matematycznej, w odniesieniu do innej zmiennej tego samego piksela.

Można więc korzystać z różnych operacji matematycznych, takich jak: dodawania, odejmowania, dzielenia oraz takich funkcji jak sinus, cosinus, czy funkcji logarytmicznych lub wykładniczych. Pionowe funkcje rastrowe są podobne w działaniu do funkcji przetwarzania obrazów cyfrowych w teledetekcji.

Natomiast wykonanie analiz pionowych z użyciem danych wektorowych, wymaga przeprowadzenia bardziej złożonych operacji wykorzystujących algorytmy do nakładania na siebie punktów, linii i wieloboków. Muszą być użyte funkcje logiczne umożliwiające przeprowadzanie łączenia i przecinania się wieloboków, określania punktów wewnątrz wieloboków, przecinania się wektorów i innych działań. Większość tych funkcji wykorzystuje operacje logiczne i dlatego są one niezwykle czasochłonne. Mogą być polecane jedynie wtedy, gdy są analizowane i nakładane na siebie proste zmienne.

Analizy zasięgu są używane jako analizy umiejscawiania i są w pewnym stopniu podobne do klasyfikacji obrazów wielospektralnych metodą najbliższej odległości z wykorzystaniem odległości euklidesowej [9]. W rastrowych analizach zasięgu [10] zmienną jest odległość przestrzenna jakiegoś punktu od wyspecyfikowanego kryterium (wartości określonej jako kryterium badawcze). Jeśli tym kryterium będzie sieć sklepów spożywczych to analiza określi odległości od tego punktu do tych sklepów.

Wektorowa analiza zasięgu określa zazwyczaj obszar strefy buforowej zaznaczonej liniami lub wielobokami obejmującymi powierzchnie w pewnej odległości od podanego kryterium.

Operacje sąsiedztwa są takie same jak operacje lokalne w przetwarzaniu cyfrowych obrazów teledetekcyjnych, które modyfikują wartość jasności pojedynczego piksela, uwzględniając wartości jasności otaczającej go całej grupy pikseli [9]. Te operacje sąsiedztwa należą do technik interpolacyjnych wykorzystujących wartości sąsiadujących pikseli dla określania wartości piksela centralnego (rozważanego).

W technikach tych wzornik, okno lub obszar (zestawiony z np. 3 x 3 pikseli lub innego zasięgu) jest przesuwany nad płaszczyzną obrazu kolumna po kolumnie, rząd za rzędem. Dla każdego położenia wzornika jego centralny piksel otrzymuje nową wartość jasności wynikającą z zasięgu tego wzornika. Po przeprowadzeniu tego dla każdego piksela obrazu, zostaje wygenerowany zmodyfikowany radiometrycznie nowy obraz. W rastrowej analizie GIS-owskiej wykorzystuje się prawie takie same funkcje i narzędzia ale nazwy funkcji często są odmienne.

Funkcje sąsiedztwa mogą wytwarzać kilka zmiennych wynikowych, które są skutkiem wykorzystania różnych funkcji użytych we wzornikach (oknach) [10]. Tymi zmiennymi mogą być: wartość średnia, wartość minimalna, wartość maksymalna, wartość środkowa,

wartość modalna, AND, OR, NOT, funkcje logiczne, nachylenie, wystawa (ang. aspect), zgodność, nieobecność i różnorodność.

Nie wykorzystuje się wektorowego GIS-u do operacji sąsiedztwa, gdyż do większości działań na wielobokach są stosowane zasady algebry Boole'a.

Operacje, które niosą również treści czasowe są domeną GIS-u dynamicznego. Wspomniano o nim przy końcu wstępu do niniejszego opracowania. Do badania przestrzennych zmian w okresach czasowych można wykorzystać procedury GIS niezależnie od sposobu zbierania danych. Kiedy procesy zachodzą w dwóch różnych okresach czasowych, analiza ich w teledetekcji jest nazywana "badaniem zmian" i może być również zastosowana do danych GIS, pozyskiwanych z map zasadniczych opracowanych w różnych okresach. Badanie zmian umożliwia określenie wielkości i zasięgu zmian w badanym okresie i ujawnia które warstwy GIS-u zmieniły się na nowe.

W rezultacie tego do monitoringu zanieczyszczonego środowiska wykorzystuje się bardziej złożone serie analiz czasowych. Bowiem w tym przypadku nie wystarczy wskazanie, że zmiany miały miejsce. Należy wykorzystać model określający jak te zmiany (zanieczyszczenia) rozprzestrzeniają się w czasie. Takie operacje wykorzystujące również czas oraz różnego rodzaju czterowymiarowe zmienne (X, Y, Z i czas) pozwalają na utworzenie silnego modelu, który może być używany do kontroli zanieczyszczenia.

Przekształcenie danych wektorowych na rastrowe jest łatwiejsze niż vice-versa. Struktura rastrowa przestrzeni dostarcza wyraźnej lokalizacji każdej informacji w postaci dyskretnych próbek ciągłego pola, w którym obiekty są określone umiejscowieniem i atrybutami. Do wektorowych systemów informacyjnych można zaliczyć: systemy CAD, Topological ARC, Full Polygon i Network.

Systemy Topological ARC wykorzystują model danych w którym wieloboki są składane z łańcucha łuków. Systemy Full Polygon stosują pełne wieloboki, które powinny być poddawane cyklicznie wyświetlaniu i analizie. Ten model danych cechuje łatwość wyświetlania wieloboków i przypisanych im atrybutów. Systemy Network wykorzystują sieciowy model danych wraz z różnymi aplikacjami systemów łuków topologicznych i pełnych wieloboków.

Przekształcenie danych wektorowych na rastrowe ma miejsce przy prostym przedstawieniu wypełnionego wieloboku na pojedyncze punkty, linie i wieloboki w obrębie bazy danych, zapisując rastrową wersję wieloboku na buforowy obraz rastrowy. Jeśli wszystkie wieloboki i wszystkie buforowe obrazy rastrowe są wprowadzone do pamięci wówczas zadanie zostaje spełnione.

Natomiast jeśli nie można przydzielić odpowiedniej pamięci procedura powinna być przeprowadzona z wykorzystaniem wieloboków i na bazie obrazu blokowego. Mimo, że pamięć wirtualna wtedy zwalnia użytkownika od kierowania tym rozczłonkowaniem, to dostęp do przestrzeni dysku będzie niezmiernie wydłużał czas obliczeń.

Zasadniczym problemem przy przekształcaniu danych wektorowych na rastrowe jest sprawa wielorakich atrybutów, które mogły być przypisane do wieloboków w analizach lub podczas wprowadzania danych [5].

Integracja informacji teledetekcyjnych z GIS-em rastrowym jest rzeczą naturalną, gdyż obydwie struktury danych są w przybliżeniu takie same. Natomiast integracja z systemami wektorowymi jest bardziej skomplikowana. Ostatnio jest realizowana programem ERDAS w odniesieniu do aktualizowania informacji wektorowych z wykorzystaniem obrazu jako tła do redakcji wektorowej.

Przekształcenie danych rastrowych na wektorowe jest jednak niezwykle trudnym procesem i wymaga określenia wieloboków, które pasowałyby do zakodowanej struktury topologicznej systemu sieci wektorów. Wymaga to użycia różnych algorytmów GIS-owskich do gromadzenia lub grupowania czy wygładzania, które trzeba wprowadzać interaktywnie dopóki ostatni zbiór wektorowy nie zostanie zaakceptowany. W końcowym kroku tego przekształcenia należy przypisać atrybuty do wektorów, wieloboków, węzłów itp.

## 5. Wizualizacja i technologia obliczeniowa

Technologia komputerowa ustawicznie znacznie się zmienia i to b. szybko. Dla celów projektu badawczego "Monitoring" korzystamy z komputera klasy PC o strukturze półprzewodnikowej Intel 80386 z procesorem 32-bitowym.

Łączy on wielodostępne rozkazy wykonawcze w cyklu zegarowym i umożliwia szybki dostęp do danych. Należy do zespołu komputerów o zawężonych rozkazach (ang. Reduced Instruction Set Computers-RISC) wprowadzonych na rynek w 1986r. Komputery te osiągnęły duże prędkości wykorzystując optymalizację w realizacji jedynie kilku rozkazów złożonych systemów. Takie procesory dostarczają osiągi pomiędzy 8 a 30 MIPS (ang. Millions Instructions Per Second - miliony rozkazów na sekundę). Graficzny procesor nowej generacji Intel I 860 zapowiada 33 MIPS i 66 FLOPS (operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę).

Przy tych pojedynczych procesorach o dużych prędkościach dla celów specjalnych i prędkości nowej generacji jednostki centralnej komputera (JCK) o strukturze półprzewodnikowej, jest potrzebna nowa technologia budowy pamięci. Dlatego aby osiągnąć większe prędkości prowadzone są prace nad budową procesorów silikonowych.

W większości systemów komputerowych stosuje się procesory wektorowe, które są procesorami pojedynczej kontroli. Dla ustalonej kolejności danych długiego wektora stosuje się "operacje potokowe" (ang. "pipeline operation"). Jest to proces w którym skomplikowane obliczenia rozdzielono na niezależne etapy. Takie wektorowe przetwarzanie zależy od czasowej regulacji wysyłania strumienia danych wejściowych do różnych procesorów i od dobranych poziomów "operacji potokowej" [10]. W przypadku gdy różne wielodostępne procesory wektorowe różnych JCK są razem złączone, a ich pamięci zsynchronizowane, wtedy jest wykonywane równoległe przetwarzanie, a wielodostępne procesory mogą działać korzystając z ich własnych pamięci lub pamięci globalnej. Istnieją dwa rodzaje zsynchronizowanego przetwarzania równoległego: SIMD i MIMD (ang. Single Instruction, Multiple Data - pojedyncze rozkazy, wielodostępne dane oraz Multiple Instruction, Multiple Data - wielodostępne rozkazy, wielodostępne dane). Obydwa są wykorzystywane w systemach przetwarzania obrazów i do przetwarzania danych GIS i z teledetekcji.

W poprzednim paragrafie nawiązano do wyświetlania informacji na monitorze ekranowym. W ostatnim czasie technologia obrazowania informacji bardzo się zmieniła. Zarówno obrazowanie informacji w postaci mapy rzeczywistej jak i obrazowanie na monitorach ekranowych ma istotne znaczenie w określaniu stanu zanieczyszczenia środowiska. Nowe technologie obrazowania umożliwiają także wyświetlanie obrazów stereoskopowych wykorzystując do tego błyskowy sposób obserwacji modelu (występujących na przemian pól). Obrazy o wymiarze 512 x 512 pikseli są przemiennie wyświetlane z częstotliwością 60 par obrazów na sekundę. Na czarno białym monitorze tworzą wrażenie obrazu trójwymiarowego. Separacja stereoskopowa jest realizowana na ekranie z ciekłego kryształu, który zmienia polaryzację w synchronizacji z wyświetlaniem.



Ekran jest umiejscowiony tuż przed monitorem, a obserwator chcący zobaczyć obraz przestrzenny musi nałożyć okulary ze szklami polaryzacyjnymi [8].

Niekiedy do bazy danych zanieczyszczonego obszaru włącza się zdarzenia dynamiczne, ażeby umożliwić użytkownikowi wizualizację i analizę zachodzących zmian. Techniki wizualizacji są wówczas niezbędne, zwłaszcza, gdy do przestrzennych i czasowych - dynamicznych analiz są włączone ogromne zestawy danych - jak to ma miejsce w monitoringu zanieczyszczonego powietrza.

## **6. Uwagi końcowe**

Do monitorowania obszarów zanieczyszczonego środowiska należy korzystać ze zintegrowanych geograficznych systemów informacyjnych i muszą one ułatwić rozwiązywanie różnych zadań wraz z przesyłaniem i wymianą danych pomiędzy różnymi systemami. Istotne trudności narastają przy stosowaniu różnych struktur w czasie zdobywania, udostępniania i gromadzenia danych.

Dane teledetekcyjne typu: obrazy, profile, obrazy sześciennic i dane z interpretacji obrazów cyfrowych mogą być przechowywane w różnych formatach danych, zarówno w strukturach rastrowych jak i wektorowych. Inne informacje terenowe czerpane ze zdjęć lotniczych i opracowań fotogrametrycznych lub z konwencjonalnych pomiarów terenowych albo ze stacji meteorologicznych i stanowisk kontroli zanieczyszczenia, mogą mieć również podobne do danych teledetekcyjnych formaty, a więc strukturę rastrową bądź wektorową.

Do danych typu GIS-owskiego można zaliczyć dane rastrowe, dane wektorowe, dane terenowe, dane modeli deterministycznych (w tym również ekologicznych) oraz pomiary różnego rodzaju. Dane tego rodzaju pochodzą z dużo więcej źródeł niż dane wykorzystywane w teledetekcji.

W przypadku monitoringu środowiska, struktury danych przestrzennych (rastrowe, wektorowe) mogą różnić się od siebie w różny sposób (rodzajem geometrii danych, podziałem przestrzeni, odzyskiwaniem, manipulowaniem obiektami). Nie ma jasnej odpowiedzi odnośnie tego która z tych struktur jest najbardziej efektywna z punktu widzenia gromadzenia, przetwarzania i użyteczności w rekonstrukcji przestrzeni geograficznej - przy różnych zastosowaniach GIS-u. Odpowiedź zależy od różnych czynników, m.in. charakteru zastosowania danych i informacji oraz rodzaju pytań. Rastrowe struktury danych dostarczają wprost informacji dla każdej lokalizacji i dlatego przestrzenne zależności pomiędzy obiektami stają się łatwiejsze i także możliwe do wynioskowania.

Niemniej systemy wektorowe dostarczają dodatkowych warstw w obrębie struktury rastrowej i obiekty (punkty, linie, wieloboki) jak i zależności między nimi są całkiem jasno oddane [3]. W tym też artykule (Ehlers i in.1991) traktującym o koncepcji przestrzeni w GIS i teledetekcji, autorzy wyrażają opinię, że GIS może być traktowany jako reprezentacja danych bazujących na obiektach, podczas gdy dane teledetekcyjne wykorzystują model bazujący na polach. Do innych różnic zalicza się poziom abstrakcji, poziom dokładności i precyzji, skalę oraz zasięg pomiarowy i czasowy.

W GIS-ie opartym na strukturze rastrowej analizy obiektów i zależności między danymi umiejscowionymi przestrzennie nie różnią się od tych stosowanych do danych teledetekcyjnych a problemy badawcze w GIS i teledetekcji są blisko spokrewnione. Ale jest niezbędna integracja. Można ją realizować na drodze budowy systemu zarządzania bazą danych, który zabezpieczy pomoc w specyficznej przestrzennej manipulacji danymi.

**Źródła**

- [1]. Albaredes G., 1993. Dynamic GIS. GIS Europe, Vol.2, June 1993, p.32-35.
- [2]. Bahr H.P., 1992. Adequate Decentral Management for Environmental Monitoring of Very Large Areas. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.XXIX, part B2, Washington, p.150-156.
- [3]. Ehlers M., Greenlee D., Smith T., Star J., 1991. Integration of Remote Sensing and GIS: Data and Data Access. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.57, p.669-676.
- [4]. Faust N.L., Anderson W.H., Star J.L., 1991. Geographic Information Systems and Remote Sensing Future Computing Environment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.57, p.655-668.
- [5]. Faust N.L., 1992. Geographic Information Systems and Remote Sensing Future computing Environment - an Update. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.XXIX, part B2, Washington, p.258-265.
- [6]. Lauer T.L., Estes J.E., Jensen J.R., Greenlee D.D., 1991. Institutional Issues Affecting the Integration and Use of Remotely Sensed Data and Geographic Information Systems. Photogrammetric Engineering and R.S.Vol.57, p.647-654.
- [7]. Mitchell M., 1993. A GIS vision ten years on. GIS Europe, Vol.2, June 1993, p.14.
- [8]. Sitek Z., 1992. Fotogrametryczne, cyfrowe stacje robocze. Moniterra Nr 7-8, Krakow.
- [9]. Sitek Z., 1992. Zarys teledetekcji lotniczej i satelitarnej. Skrypt AGH, Wydawnictwo AGH, Krakow.
- [10]. Star J.L., Estes J.E., Davis F., 1991. Improved Integration of Remote Sensing and Geographic Information Systems: A Background to NCGIA Initiative 12. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 57 (6).
- [11]. Star J.L., Estes J.E., 1992. Systems for the Integration of Remote Sensing and GIS. The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.XXIX, part 32, Washington p.255-257.

**Recenzował:** dr inż. Władysław Mierzwa

Prof.dr hab.inż. Zbigniew Sitek  
Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej  
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie  
Al.Mickiewicza 30, paw.c-4  
tel.33-81-00 w.22-72