

Jan Burdziej
II rok geografii UMK
rok akademicki 2002 / 2003

***Wprowadzenie
do Systemów Informacji Geograficznej
(GIS)***

I. Wstęp

Informacja dotycząca obiektów i zjawisk występujących w przestrzeni geograficznej, tak zwana informacja geograficzna (GI), od początku istnienia rodzaju ludzkiego miała decydujący wpływ na jego rozwój. Już w czasach człowieka pierwotnego posiadane przez niego informacje o właściwościach przestrzeni (np. o miejscach nadających się na bezpieczne schronienie, miejscach zasobnych w zwierzyne) decydowały o możliwościach jego przetrwania i rozwoju. To również informacja na temat występowania obiektów o korzystnych właściwościach, jakimi są np. żyzne gleby, umożliwiała powstawanie wielkich cywilizacji starożytnych w dolinach Tygrysu, Eufratu, Nilu czy Żółtej Rzeki. Podobnie w średniowieczu i kolejnych epokach człowiek dążył do jak najlepszego poznania otaczającego go świata, a więc do pozyskania możliwie najdokładniejszych informacji o obiektach i zjawiskach zlokalizowanych w przestrzeni. Posiadanie i analiza tych informacji już w przeszłości pozwalały na podejmowanie bardziej racjonalnych decyzji, a tym samym w zasadniczy sposób decydowały o tempie rozwoju poszczególnych społeczeństw, a nawet całych cywilizacji.

Koniec drugiej połowy XX wieku przyniósł w bardzo krótkim czasie olbrzymi, niespotykany dotąd w historii ludzkości, postęp technologiczny. Przełomowe wynalazki i rewolucyjne odkrycia naukowców z wielu dziedzin doprowadziły do zasadniczych zmian zarówno w pozyskiwaniu jak i wykorzystywaniu informacji przestrzennych. Decydujący wpływ miało jednak pojawienie się urządzeń obliczeniowych, komputerów, które pozwoliły na gromadzenie dużych ilości informacji oraz łatwe i szybkie ich przetwarzanie. To właśnie rozwój informatyki umożliwił bezpośrednio powstanie Systemów Informacji Geograficznej (ang. *Geographical Information System* lub amer. *Geographic Information System*), czyli systemów wykorzystujących komputery do szeroko pojętego zarządzania informacjami dotyczącymi obiektów i zjawisk zlokalizowanych w przestrzeni geograficznej (w skrócie GIS).

Nie istnieje jedna powszechnie obowiązująca definicja GIS. Wynika to z faktu, iż na początku systemy te powstawały niezależnie od siebie na potrzeby różnych dziedzin życia człowieka. Jedna z najbardziej rozpowszechnionych definicji określa GIS jako „potężny zestaw narzędzi służących do zbierania, przechowywania, przywoływania w dowolnym momencie, transformowania oraz wyświetlania danych o przestrzeni pochodzących ze świata rzeczywistego, dla konkretnie określonego zestawu celów” (Burrough i McDonnell, 1998). Opiera się ona na zasadzie tzw. „skrzynki narzędziowej” (ang. *toolbox*). Druga definicja natomiast akcentuje „bazodanową” (ang. *database*) strukturę GIS-u, i definiuje go jako: „System baz danych, w której większość danych opatrzone indeksem (oznacznikiem) przestrzen-

ne', z którymi to danymi wiąże się pewien zestaw procedur mających na celu odpowiadanie na zapytania dotyczące danych zamieszczonych w bazie danych" (Smith i współpr., 1987).

Uogólniając, można stwierdzić, iż w szerszym znaczeniu Geograficzne Systemy Informacyjne można rozumieć jako złożone systemy zarządzania informacjami o przestrzeni (na które składają się: sprzęt komputerowy, oprogramowanie, dane, ludzie oraz procedury), natomiast w węższym – jako oprogramowanie służące do analiz danych przestrzennych.

Warto zaznaczyć, iż u podstaw GIS leżą osiągnięcia takich nauk jak geografia, kartografia, informatyka czy matematyka. W zależności więc od przeznaczenia i wykorzystania GIS-ów, różne definicje akcentują różne ich aspekty. Na zakończenie tego krótkiego przeglądu można przytoczyć jeszcze jedną definicję, według której „GIS to przede wszystkim biznes przynoszący miliardowe zyski, oraz rynkowy fenomen, który w krótkim czasie tak silnie zaistnieje w naszym życiu codziennym, iż nie do pomyślenia będzie, jak mogliśmy wcześniej bez niego funkcjonować” (Clarke, 2002).

II. Krótka historia GIS

Początki Geograficznych Systemów Informacyjnych sięgają lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia i wiążą się z rozwojem komputerów. Mniej więcej dziesięć lat po uruchomieniu pierwszego na świecie komputera (ENIAC na Uniwersytecie Pensylwania w 1947 roku) firma IBM skonstruowała twardy dysk o pojemności 5 MB (zbudowany z 50 talerzy o średnicy 61 cm), naukowcy w laboratoriach firmy Bell stworzyli pierwszy modem. Powstały też wtedy pierwsze użytkowe zastosowania komputerów (m.in. IBM współtworzył program SABRE do rezerwacji miejsc w samolotach American Airlines). Te i inne osiągnięcia w dziedzinie informatyki sprawiły, iż pod koniec lat pięćdziesiątych podjęto pierwsze próby wykorzystania komputerów do tworzenia map tematycznych. Mapy tematyczne (ang. *thematic map*) to mapy przedstawiające jedno lub kilka zjawisk (tematów) występujących na powierzchni Ziemi. Znalazły one zastosowanie w takich dziedzinach jak meteorologia, geofizyka czy geologia. Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych opracowano technikę kreślenia komputerowego; szwedzki geograf Törsten Hägerstrand wprowadził do geografii analizę ilościową, a w Wielkiej Brytanii wynaleziono digitizer (urządzenie służące do przetwarzania map i rysunków tradycyjnych do postaci cyfrowej). Wszystkie te odkrycia doprowadziły do znacznego przyspieszenia rozwoju systemów GIS, a tym samym przyczyniły się do zwiększenia ich możliwości analitycznych. Zaowocowało to coraz powszechniejszym ich stosowaniem. Najwcześniej zaczął z nich korzystać przemysł wydobywczy ropy naftowej i gazu oraz energetyka (przedsiębiorstwa zajmujące się przesyłaniem energii elektrycznej). GIS stosowany był wów-

czas głównie do gromadzenia i inwentaryzacji danych przestrzennych dotyczących występowania surowców, miejsc ich eksploatacji itp.

Pierwszym dużym systemem zdolnym zarówno do gromadzenia informacji jak i do przeprowadzania analiz przestrzennych był kanadyjski system geograficzny stworzony w latach 1960-1969. Wówczas to Kanadyjskie Ministerstwo Przemysłu Wydobywczego i Zasobów Naturalnych uznało, iż kontrolę nad olbrzymimi zasobami naturalnymi Kanady należy sprawować właśnie za pomocą systemu skomputeryzowanego. Z czasem zalety stosowania GIS zaczęto odkrywać również w innych dziedzinach życia.

Lata siedemdziesiąte to okres zaawansowanych prac nad usprawnieniem grafiki komputerowej, tak aby mogła ona znaleźć zastosowanie w kartografii, oraz prace nad techniką druku komputerowego umożliwiającego nieskomplikowany druk tworzonych już cyfrowych map tematycznych. To również okres, w którym dostrzeżono związki GIS z koncepcjami baz danych, a także opracowywano koncepcje języków zapytań (ang. *query languages*), służących do pozyskiwania konkretnych informacji i analiz z baz danych. W efekcie pod koniec lat siedemdziesiątych pojawiły się pierwsze programy dla GIS, a także po raz pierwszy zaczęto stosować GIS w praktyce w sposób komercyjny. Powstały wówczas takie firmy jak M&S Computing, przekształcona następnie w Intergraph, czy ESRI (Environmental System Research Institute) – obecnie jedne z głównych firm produkujących oprogramowanie dla GIS. Wciąż jednak ograniczone możliwości prezentacji graficznej danych oraz brak wykwalifikowanych specjalistów z zakresu GIS sprawiały, iż systemy te stosowano głównie w sposób eksperymentalny.

Do tej pory wszystkie systemy GIS gromadziły dane w postaci rastrowej (tj. każda mapa miała postać tablicy, której wartości sczytywano z pól siatki nałożonych na tradycyjne mapy papierowe). Kolejnym bodźcem do rozwoju GIS było zastosowanie grafiki wektorowej przez firmę ESRI. Zasadnicza różnica pomiędzy rastrową i wektorową metodą kodowania danych polega na zastosowaniu w tej ostatniej trzech podstawowych elementów graficznych: wieloboku (ang. *poligon*), polilinii (łańcucha, ang. *poliline*) oraz punktu. Problem ten zostanie omówiony nieco szerzej w rozdziale III.

Kolejnym etapem rozwoju systemów GIS, przypadającym już na lata osiemdziesiąte, było połączenie baz zawierających graficzny opis danych przestrzennych z bazami zawierającymi ich opis tekstowy i numeryczny. Cały ten okres rozwoju oprogramowania dla GIS odbywał się równolegle i w ścisłym powiązaniu z rozwojem technologii komputerowych, jak również samej informatyki. Stopniowo też wokół systemów GIS zaczęła powstawać baza koncepcyjna i teoretyczna, która przyczyniła się do rozwoju takich dziedzin jak analiza i statystyka danych przestrzennych czy kartografia komputerowa. Ostatecznie zaowocowało to

powstaniem nowej dziedziny nauki określanej jako nauka o informacji geograficznej (ang. *Geographic Information Science*, określanej niekiedy skrótem GISc dla odróżnienia od systemów GIS). Trudno jednoznacznie stwierdzić, czy termin „nauka” nie jest w tym wypadku pewnego rodzaju nadużyciem znaczeniowym, faktem jest jednak, iż wszedł on do użytku powszechnego. Można również zwrócić uwagę, iż niektóre definicje GISc w dużej mierze pokrywają się z zakresem geografii tradycyjnej. Być może w przyszłości, w dobie społeczeństwa informatycznego, to właśnie nauki geograficzne (a nie jedna nauka – geografia), w nich zaś zwłaszcza nauki o informacji geograficznej odegrają największe znaczenie.

III. Elementy systemu GIS

System GIS składa się z następujących elementów:

- danych (ang. *data*)
- sprzętu komputerowego (ang. *hardware*)
- oprogramowania (ang. *software*)
- personelu (lub ogólniej ludzi - ang. *people*)
- procedur lub procesów (ang. *processes*)

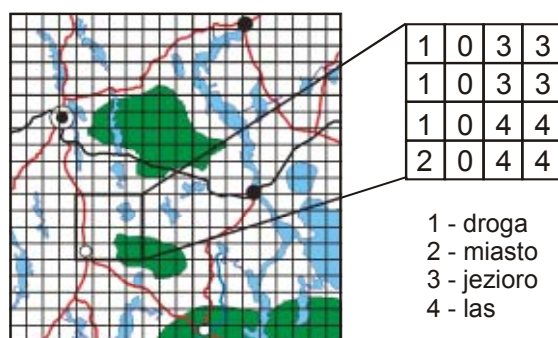
Ujęcie to odnosi się jednak do szerszego pojmowania GIS, o którym była mowa w rozdziale pierwszym. Niniejsza praca ograniczy się jednak do nieco zawężonej definicji systemów GIS i do krótkiego omówienia trzech pierwszych, podstawowych elementów, bez których GIS nie mógłby w ogóle zaistnieć.

1) Dane

Jak już wspomniano, informację geograficzną stanowią wszystkie zjawiska występujące na Ziemi mające odniesienie przestrzenne (np. drogi, budynki, rzeki, punkty dokonywanych pomiarów, granice). Te właśnie informacje ze świata rzeczywistego są dla systemów GIS źródłem danych. Wynika z tego między innymi, iż dane wykorzystywane w GIS mają bardzo różnorodny charakter, a co za tym idzie mogą być pozyskiwane w najrozmaitszy sposób. Wymagają one również niekiedy bardzo złożonych baz danych, które mają za zadanie umożliwić odpowiednie gromadzenie, opis, analizę oraz graficzną prezentację zgromadzonych w nich informacji.

Wszystkie elementy świata rzeczywistego można zaprezentować m.in. w formie map, rysunków czy planów, przyporządkowując każdemu z nich określoną postać graficzną. Taki zbiór danych będzie zatem zbiorem danych graficznych. Jednak każdy obiekt poza swoją

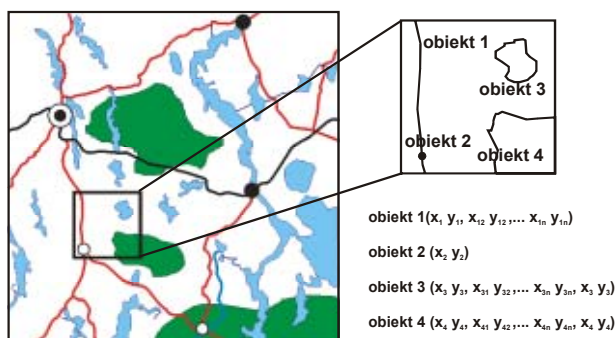
formą graficzną ma również w rzeczywistości wiele innych cech, które go opisują. Każda droga ma swoje oznaczenie, specyficzny rodzaj nawierzchni, a także kąt nachylenia, szerokość jezdni, określoną liczbę pasów czy pewne natężenie ruchu pojazdów. Ten rodzaj danych określa się mianem atrybutowych. Głównym zadaniem baz danych w systemach GIS jest właśnie powiązanie danych graficznych z atrybutowymi. Jest to jedna z cech, które dosyć wyraźnie odróżniają bazy GIS-owskie od pozostałych rodzajów baz danych.



Ryc. 1. Rastrowy model danych

od połowy liniowego wymiaru najmniejszego obiektu, który ma zostać uwzględniony. Następnie każdemu kwadratowi siatki przypisuje się wartość odpowiadającą charakterystyce obiektu, który znajduje się w tym kwadracie. W grafice rastrowej obraz jest zatem złożony z wielu małych kwadratów (punktów, pikseli), ułożonych w wierszach i kolumnach, którym przypisana jest konkretna wartość. Im mniejszą długość boku kwadratu przyjmiemy, tym bardziej dokładny obraz otrzymamy. Rozdzielczość określa się jako iloczyn pikseli w poziomie oraz w pionie. Im większa rozdzielczość obrazu, tym wyższa jest jego jakość. Czynność doprowadzenia obrazu do postaci rastrowej nazywa się **rasteryzacją** i w praktyce dokonuje się jej w sposób automatyczny przy użyciu urządzenia zwanego skanerem lub też odpowiedniego oprogramowania konwertującego obrazy wektorowe do postaci rastrowej.

Drugim sposobem przechowywania danych graficznych jest **metoda wektorowa**. Za-

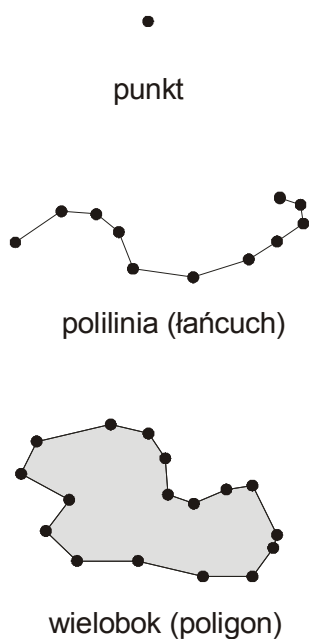


Ryc. 2. Wektorowy model danych

Dane graficzne mogą mieć postać rastrową lub wektorową. **Dane rastrowe** używa się przez nałożenie siatki (najczęściej siatki kwadratów) na obraz, który ma zostać rozpoznany. Chcąc mieć pewność, iż żaden z obiektów istotnych nie zostanie pominięty, należy w taki sposób dobrać wielkość siatki, aby długość boku kwadratu nie była większa

od połowy liniowego wymiaru najmniejszego obiektu, który ma zostać uwzględniony. Następnie każdemu kwadratowi siatki przypisuje się wartość odpowiadającą charakterystyce obiektu, który znajduje się w tym kwadracie. W grafice rastrowej obraz jest zatem złożony z wielu małych kwadratów (punktów, pikseli), ułożonych w wierszach i kolumnach, którym przypisana jest konkretna wartość. Im mniejszą długość boku kwadratu przyjmiemy, tym bardziej dokładny obraz otrzymamy. Rozdzielczość określa się jako iloczyn pikseli w poziomie oraz w pionie. Im większa rozdzielczość obrazu, tym wyższa jest jego jakość. Czynność doprowadzenia obrazu do postaci rastrowej nazywa się **rasteryzacją** i w praktyce dokonuje się jej w sposób automatyczny przy użyciu urządzenia zwanego skanerem lub też odpowiedniego oprogramowania konwertującego obrazy wektorowe do postaci rastrowej.

Drugim sposobem przechowywania danych graficznych jest **metoda wektorowa**. Zakłada ona, iż obraz, który ma być źródłem danych graficznych (mapa, plan, zdjęcie itp.) przedstawia zbiór samodzielnych obiektów (elementów kartograficznych). Każdy z tych obiektów zostaje następnie wyodrębniony i rozłożony na elementy graficzne. Podstawowymi elementami w grafice wektorowej są: punkt, polilinia oraz

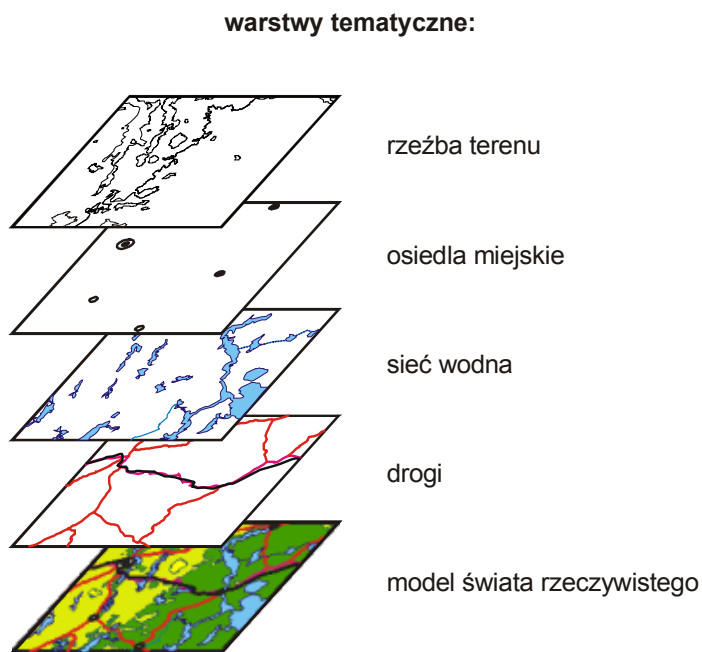


Ryc. 3. Podstawowe elementy grafiki wektorowej

wielobok. Idea modelu wektorowego polega na tym, iż każdy punkt mapy określają współrzędne oraz sposoby ich połączeń w obiekty liniowe i powierzchniowe (polilinie i wieloboki). Punkt jest obiektem bezwymiarowym, określonym jedynie za pomocą współrzędnych, polilinia posiada jeden wymiar (jest ona krzywą utworzoną z wielu odcinków zdefiniowanych za pomocą punktów), natomiast wielobok jest elementem dwuwymiarowym określonym przez zamkniętą polilinię. W systemie wektorowym zapis punktów, linii i wieloboków (nazywanych również poligonami) może być dokonany z pełną dokładnością wyrażoną w określonym układzie współrzędnych (x, y). Przy zapisie wektorowym istnieje zatem możliwość dokładnego przedstawienia położenia obiektów, a także precyzyjnego określenia granic elementarnych jednostek przestrzennych. Proces lokalizowania punktów i obiektów na mapie (czyli przypisywania rekordom bazy danych współrzędnych geograficznych) nazywa

się geokodowaniem.

Każdy z obiektów, zarówno w modelu rastrowym jak i wektorowym, można opisać za pomocą wielu cech (atrybutów). Służą do tego dane niegraficzne, nazywane atrybutowymi,



Ryc. 4. Warstwowa struktura danych w GIS

które mogą mieć charakter tekstowy bądź numeryczny. Powstaje w ten sposób oddzielny zbiór danych powiązany ze zbiorem danych dotyczących poszczególnych obiektów za pomocą geokodu. Geokod (nazywany też indeksem lub kluczem podstawowym) spełnia rolę numeru identyfikacyjnego. Znajduje się on zarówno w bazie danych graficznych jak i bazie danych atrybutowych, łącząc dany

obiekt z przyporządkowanym mu zbiorem cech (rekordem).

W bazach danych funkcjonujących na potrzeby systemów GIS najczęściej stosuje się strukturę warstwową. Nawiązuje ona do początków GIS, które, jak już wspomniano w rozdz. II, wywodzą się od map tematycznych. Każda warstwa (ang. *layer*) zawiera obiekty danego rodzaju (np. drogi, lasy, obszary zabudowane, sieć wodną), którym z kolei odpowiadają rekordy zawierające zbiór atrybutów. Nałożenie na siebie wszystkich warstw daje zatem w przybliżeniu model świata rzeczywistego.

Gdy mowa o danych wykorzystywanych w systemach GIS, należy wspomnieć o jednym z podstawowych problemów, jakim jest ich jakość. Wynika on m.in. z wielkiej ilości źródeł, z których dane te mogą pochodzić. Uogólniając: źródła danych w GIS można podzielić według rodzaju pozyskiwanych danych graficznych, a więc na źródła danych rastrowych i wektorowych. Do tych pierwszych należą przede wszystkim zdjęcia satelitarne i lotnicze (również zeskanowane mapy tradycyjne). Dane wektorowe można natomiast uzyskać digitalizując mapy i plany tradycyjne, jak również wprowadzając dane z pomiarów i prac terenowych wykonanych w miejscach o określonym położeniu geograficznym. W praktyce jednak często dane do konkretnych prac uzyskuje się w sposób pośredni, obecnie coraz powszechniej za pośrednictwem sieci internet. Wzrastająca ilość tych danych, jak również łatwiejszy do nich dostęp pociągają za sobą coraz większą potrzebę weryfikacji ich wiarygodności. Problem jakości danych jest bardzo szeroki, wynika z wielu przesłanek, a błędy mogą pojawić się na każdym etapie pracy z nimi (w trakcie pozyskiwania, analizowania, konwertowania oraz graficznej prezentacji). Pewnym zobrazowaniem tego, jak ważna staje się jakość danych, jest wprowadzenie do struktury baz danych pojęcia metadanych (ang. *metadata*), czyli danych opisujących dane. Zawierają one użyteczną informację o posiadanych danych przestrzennych (m.in. kiedy dane zostały zebrane, przez kogo, kto dokonał geokodowania, pełne nazwy atrybutów opisowych, skalę materiałów źródłowych, dokładność lokalizacji obiektów i odwzorowanie kartograficzne, w jakim są wyrażone, itp.).

2) Sprzęt komputerowy

Sprzęt komputerowy, który wchodzi w skład systemów GIS, wykorzystywany jest w zasadzie we wszystkich etapach pracy z danymi. Odpowiednie urządzenia służą do wprowadzania danych, inne do ich przetwarzania i analizowania, a jeszcze inne umożliwiają graficzną prezentację wyników analizy wprowadzonych danych.

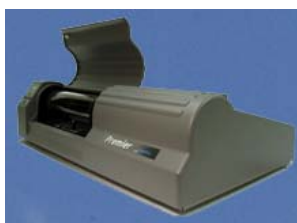
Urządzenia wejściowe służą do wprowadzania danych do komputera. Dane atrybutowe wprowadzane są najczęściej manualnie za pomocą klawiatury. W sposób pół- lub w pełni



skaner ręczny



skaner płaski



skaner bębnowy

Ryc. 5. Rodzaje skanerów

automatyczny można natomiast wprowadzać dane graficzne. Służą do tego głównie dwa urządzenia: skaner oraz digitizer. **Skaner** jest urządzeniem służącym do zamiany postaci analogowej materiału źródłowego (najczęściej dokumentu na kartce papieru, zdjęcia bądź slajdu) do postaci cyfrowej, a następnie wprowadzenia go do komputera jako zbioru danych rastrowych. Informacja graficzna jest odczytywana przez optyczny układ światłoczuły, a następnie jest zamieniana na postać cyfrową. Podstawowe typy skanerów to: ręczny, stołowy (tablicowy, ang. *flatbed scanner*) i bębnowy (rolkowy, ang. *drum scanner*). Parametrem decydującym o jakości skanera jest jego rozdzielczość podawana najczęściej w jednostkach **dpi** (ang. *dots per inch*), określających liczbę punktów na cal. Skanery ręczne zapewniają z reguły małą precyzję i słabą rozdzielczość obrazu, natomiast zarówno w skanerach ręcznych jak i bębnowych (jakkolwiek umożliwiających skanowanie materiałów źródłowych o dużych formatach i w dużej rozdzielczości – nawet do 12 tys. dpi), możliwe są przesunięcia (tzw. jałowe poślizgi) rolek nawet do 2 mm. Stąd też najpowszechniejsze w użyciu są skanery stołowe, zapewniające rozdzielczość skanowanego obrazu do 5 tys. dpi, oraz głębię kolorów do 36/42 bitów.

Digitizer (digimetr) jest narzędziem służącym do przetworzenia rysunku z postaci analogowej (np. mapa tradycyjna, zdjęcie lotnicze) na postać cyfrową. Proces ten nazywa się digitalizacją. Digitizer ma postać specjalnego stołu z aktywnym elektronicznym blatem, na którym umieszcza się obraz poddawany digitalizacji. Specjalna mysz (kursor) z celownikiem pozwala na dokładny odczyt i zapis współrzędnych punktów wskazywanych przez celownik. Teoretyczna dokładność tych urządzeń waha się od 0,075 do 0,25 mm, jednak decydujący wpływ na rzeczywistą dokładność i precyzję procesu digitalizacji ma osoba pracująca przy urządzeniu.



Ryc. 6. Digitizer

Wprowadzenie danych przestrzennych do systemów GIS, poza skanerem i digitizerem, umożliwia również system **GPS** (ang. *Global Positioning System*). Jest to system satelitarne-go pozycjonowania (lokalizacji) obiektów. Odbiorniki tego systemu są w stanie dokładnie określić położenie geograficzne oraz wysokość nad poziomem morza na podstawie analizy sygnałów wysyłanych przez satelity, a także szybko przesłać te dane do komputera. Dokładniejsze omówienie systemu GPS znajduje się w następnym rozdziale.

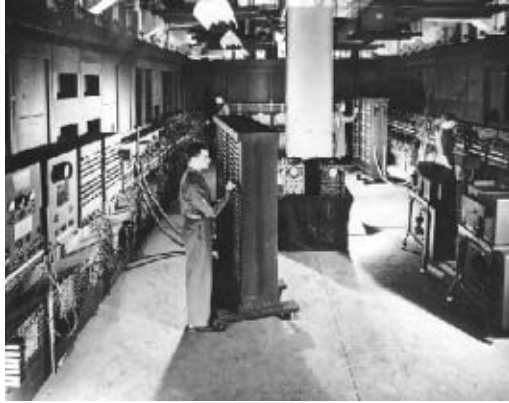
Do podstawowych **urządzeń wyjściowych** należą drukarki oraz plotery. Służą one do tworzeniu wydruków (plotów) w formie map, planów itp., czyli tzw. „twardych kopii”. Wy-różniamy cztery podstawowe typy drukarek komputerowych: igłowe, laserowe, atramentowe i termiczne. Podstawowe parametry drukarki określają rozdzielczość oraz szybkość pracy (z reguły podawaną w stronach na minutę). Najniższą rozdzielczością charakteryzują się **drukarki igłowe** (drukarki mozaikowe; ang. *needle printer, wire printer*) – maksymalnie do 360 dpi. Następnie plasują się **drukarki laserowe** (do 1200 dpi), oraz **atramentowe** (do 2400 dpi). Obie umożliwiają druk w kolorze. Drukarki **termiczne** działają na podobnej zasadzie jak drukarki igłowe (różnica polega na tym, iż igły uderzając w papier, powodują powstanie wy-ladowań elektrycznych podgrzewających papier, który zabarwia się w miejscu podgrzania). Pewnym połączeniem drukarki igłowej i termicznej są drukarki **termotransferowe** zapewniają-ce tworzenie wydruków o czystych kolorach i dużej trwałości (przy rozdzielczości do 360 dpi).



Ryc. 7. Ploter

Specyficznym rodzajem drukarek są **plotery**. Służą one do kreślenia rysunków lub grafiki (w forma-cie do A0 włącznie) za pomocą pisaka (w przypadku ploterów kolorowych jest ich kilka), który porusza się po osiach x i y zgodnie z tym, jakie informacje otrzy-muje od komputera. Istnieją również plotery bębnowe, wyposażone w jedną prowadnicę. Drugi wymiar uzy-skuje się wówczas przez obrót bębna z nawiniętym papierem. Oprócz ploterów pisakowych (umożliwiają-cych druk grafiki wektorowej) istnieją również plotery termiczne i elektrostatyczne, które działają na zasadach podobnych co drukarki termiczne i laserowe. Plotery wykorzystywane są przede wszystkim do wydruków wielkoformatowych (map, planów konstrukcyjnych, rysun-ków architektonicznych, technicznych itp.).

Oczywiście, poza urządzeniami wejściowymi i wyjściowymi niezbędna jest również jednostka centralna, czyli **komputer**, który koordynuje pracę tych urządzeń. W nim również gromadzi się dane (na twardych dyskach, ang. *hard drive*), oraz dokonuje analizy i wszyst-



Ryc. 8. ENIAC – Pierwszy komputer na świecie



Ryc. 9. Superkomputer CM-2 Thinking Machine

kich procesów związanych z przetwarzaniem danych. Komputery ze względu na ich moc obliczeniową można podzielić na: komputery osobiste (PC), stacje robocze (ang. *workstation*), komputery centralne (ang. *mainframes*) oraz superkomputery. Różnią się one przede wszystkim parametrami procesora oraz ich liczbą, a także pamięcią operacyjną. W komputerach osobistych z reguły znajduje się jeden procesor, natomiast superkomputery wyposażone są w wiele procesorów (np. w superkomputerze CM-2 firmy Thinking Machines jest ich aż 65 536!).

Wszelkie opisy poszczególnych elementów sprzętu komputerowego mogą mieć jednak charakter jedynie orientacyjny. Dokonujący się nieustannie postęp w dziedzinie technologii komputerowych sprawia, iż wszelkie parametry komputerów i urządzeń peryferyjnych (wejściowych i wyjściowych) dewalują się z roku na rok. Szacuje się, iż możliwości techniczne komputerów

wzrastają w ciągu jednego roku od 20 do 100%. Powoduje to m.in., stały wzrost wydajności oraz relatywny spadek cen poszczególnych elementów. Dla przykładu cena 1 MB pamięci RAM w 1964 r. wynosiła 400 000 USD, podczas gdy dziś powszechne w użyciu pamięci rzędu 1 GB RAM kosztują w przybliżeniu 300 USD.

3) Oprogramowanie

Oprogramowanie (ang. *software*) to program bądź zbiór programów służących do obsługi komputera i podłączonych do niego urządzeń peryferyjnych. Na początku, gdy systemy GIS dopiero zaczynały powstawać, każda instytucja budowała od podstaw cały system, w tym także na własny użytek tworzyła odpowiednie oprogramowanie. Dziś dominują skomplikowane i zarazem wielofunkcyjne systemy GIS. Każda znacząca firma zajmująca się oprogramowaniem GIS-owskim tworzy własne środowisko, w obrębie którego oferuje wiele rozmaitych produktów wspomagających pracę na poszczególnych etapach przetwarzania danych, a także produkty przeznaczone do konkretnych, specjalistycznych zastosowań (np. zastosowa-

nia militarne, projektowanie). Systemy GIS rozwijają się nie mniej dynamicznie niż obsługujący je sprzęt komputerowy, stąd też trudno określić i porównać poszczególne programy. Tworzone programy mają wiele wersji, przeznaczonych dla odbiorców indywidualnych, biznesu, przystosowanych do pracy w sieci itp. Zamieszczona poniżej tabela przedstawia najbardziej znane firmy tworzące oprogramowanie dla GIS oraz przykłady oferowanych przez nie produktów.

Tab. 1. Najpopularniejsze firmy i ich oprogramowanie dla GIS

nazwa firmy	przykładowe produkty oraz ich funkcje
ESRI	ArcInfo, ArcEditor, ArcView (umożliwiają wszechstronne zarządzanie, analizę i wizualizację danych przestrzennych), ArcMap (wspomaga tworzenie map), ArcGIS 3D Analyst (nakładka do analiz i modelowania trójwymiarowego)
Erdas <i>obecnie wchodzi w skład Leica Geosystems</i>	Erdas Imagine (analizy danych rastrowych, wspomaga interpretację zdjęć satelitarnych), Imagine Vector (obsługuje grafikę wektorową), Imagine Virtual GIS (analizy w 3D)
Intergraph	Geomedia, Geomedia WebMap (wspomaga udostępnianie danych przestrzennych w sieci), Geomedia Terrain (nakładka do analiz 3D), Map Publisher
MapInfo Corporation	MapInfo Professional, MapXtreme (umożliwia tworzenie aplikacji mapowych na serwerach WWW), MapXMobile (do tworzenia aplikacji mapowych na urządzenia przenośne typu palmtop)
Bentley Systems	Microstation (program pracujący w środowisku CAD, z licznymi nakładkami, np. Descartes, GeoGraphics, GeoWater, Schematics, TriForma)

IV. Technologie powiązane z GIS

Złożoność systemów GIS, a także olbrzymia różnorodność ich zastosowania sprawiają, iż korzystają one z najrozmaitszych technologii. Technologie te współpracują z systemami GIS głównie w zakresie zbierania danych (np. teledetekcja, GPS), choć oczywiście w pewnym sensie można również mówić o powiązaniu z technologiami komputerowymi, poligraficznymi itp., które stanowią niezbędną podstawę zarówno analizy jak i wizualizacji danych. Te ostatnie stanowią jednak element systemu GIS i po części zostały omówione w poprzednim rozdziale, dlatego też niniejszy rozdział poświęcono krótkiemu omówieniu dwóch pierwszych technologii – teledetekcji i systemu GPS.

1) Teledetekcja

Teledetekcja zajmuje się bezkontaktowym pozyskaniem, przetwarzaniem i interpretowaniem informacji przestrzennych o obiektach, zjawiskach i procesach zachodzących na powierzchni Ziemi. Pozyskiwana informacja ma postać obrazu, który powstaje poprzez zarejestrowanie promieniowania elektromagnetycznego odbitego lub emitowanego przez wspomniane obiekty środowiskowe. W nowoczesnej teledetekcji stosuje się wiele metod, zarówno analogowych jak i cyfrowych, pozyskiwania obrazu: m.in. metody fotograficzne, wideogra-

ficzne, radarowe, termowizyjne. Wykorzystuje się również skanery laserowe (przeznaczone do tworzenia cyfrowych trójwymiarowych modeli terenu), skanery wielospektralne, a także kamery cyfrowe.

Najpopularniejszą techniką teledetekcji jest **fotografia lotnicza**. Cechuje ją łatwość wykonywania zdjęć, a także relatywnie niskie koszty. Zdjęcia lotnicze wykorzystuje się głównie na potrzeby fotogrametrii (do tworzenia map topograficznych), a także do badań pokrycia terenu, budowy geologicznej, badań archeologicznych itp.

Metoda fotografii lotniczej pozwala obecnie na rejestrację informacji przenoszonych w paśmie widzialnym i podczerwieni bliskiej, tzn. z zakresu 0,35 do 0,90 mikrometra. Powszeczne wykorzystanie zawdzięcza takim zaletom jak:

- wysoka rozróżnialność szczegółów terenowych,
- możliwość łatwego tworzenia i interpretacji modelu stereoskopowego (modelu opartego na obserwacji zestawu dwóch zdjęć pokrywających częściowo ten sam fragment powierzchni Ziemi),
- możliwość wykorzystania metod fotogrametrycznych w celu odtwarzania na podstawie zdjęć lotniczych wymiarów obiektów terenowych.

Tab. 2. Wybrane parametry niektórych satelitów

Satelita	Rozdzielczość terenowa*
Landsat 7	15-60 m
Spot 1 i 2	10-20 m
Spot 4	10-20 m
IRS-1C i 1D	5,8 – 23,5 m
IKONOS 1, QuickBird, OrbView-3	1 – 4 m
* rozdzielczość zależy od kanału, najniższa wartość (największa rozdzielczość) z reguły dostępna w kanale panchromatycznym	

Źródło: System Informacji Przestrzennej w Lasach Państwowych

W teledetekcji wykorzystuje się również (zwłaszcza w badaniach większych obszarów) obrazy otrzymane z urządzeń zainstalowanych na satelitach okołoziemskich. **Zdjęcia satelitarne** są przesyłane na Ziemię w formie cyfrowej jako dane rastrowe. Przyjmuje się, iż najbardziej znaczące i najpowszechniej wykorzystywane są systemy dostarczające obrazów teledetekcyjnych o rozdzielczości terenowej nie mniejszej niż 30 m. Zdjęcia o gorszej rozdzielczości wykorzystywane są m.in. przez meteorologię (np. zdjęcia z satelity geostacjonarnego Meteosat mają rozdzielczość terenową 5 km).

2) System GPS

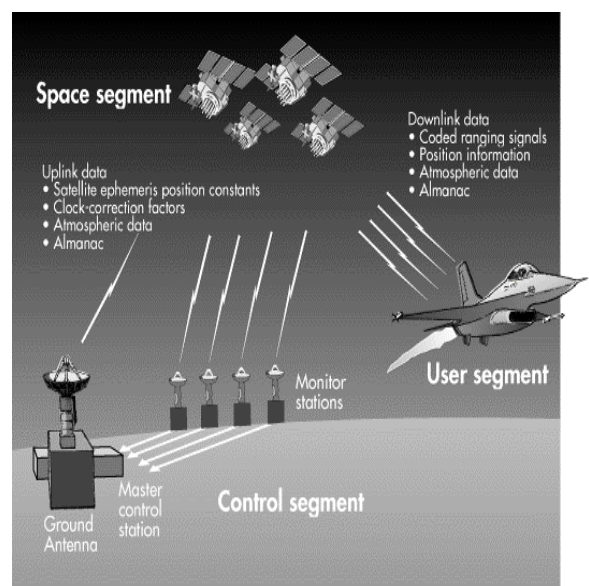
Początki systemów służących do satelitarnego określania położenia geograficznego sięgają przełomu lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Wtedy to powstał amerykański system nawigacji Transit-SATNAV zaprojektowany na potrzeby marynarki wojennej Stanów Zjednoczonych. W roku 1973 na zlecenie Departamentu Obrony USA rozpoczęto kolejny projekt, a w roku 1978 wystrzelono pierwszego satelitę powstającego systemu, któremu nadano nazwę GPS-NAVSTAR. W pierwotnej wersji był on udostępniany wyłącznie użytkownikom wojskowym w tzw. wersji PPS (ang. *Precise Positioning Service*) i był obciążony błędem wyznaczania pozycji poziomej wynoszącym mniej niż 10 m.

Wraz z rozwojem elektroniki rozmiary odbiorników malały, a tym samym obniżały się ich koszty (na początku osiągające wartość ok. 125 tys. USD). O dostęp do systemu wkrótce zaczęli ubiegać się użytkownicy cywilni, w rezultacie czego uruchomiono wersję ogólnodostępną SPS (ang. *Standard Positioning Service*) z tzw. ograniczonym dostępem SA (ang. *Selective Availability*), w której błąd wyznaczania pozycji wynosił aż 500 m! Ze względu na dalszy wzrost zainteresowania systemem GPS dokładność wersji SPS z ograniczonym dostępem SA poprawiono, zmniejszając błąd wyznaczania pozycji do 100 m. Przyczyniła się do tego m.in. katastrofa samolotu Koreańskich Linii Lotniczych, spowodowana brakiem dostatecznie precyzyjnych urządzeń nawigacyjnych. Wypadek ten wpłynął również na podjęcie w 1994 r. decyzji przez ówczesnego prezydenta USA Ronalda Reagana o szerszym udostępnieniu części systemu GPS użytkownikom cywilnym, zwłaszcza w transporcie. Ostatecznie kosztujący 12 mld. USD projekt został ukończony i w 1995 r. oficjalnie ogłoszono pełną zdolność operacyjną systemu. Z roku na rok system jest rozbudowywany i wciąż podlega modernizacji.

System GPS składa się z trzech segmentów:

1. segmentu kosmicznego (ang. *Space segment*)
2. segmentu kontroli (ang. *Control segment*)
3. segmentu użytkownika (ang. *User segment*)

Segment kontroli to system pięciu stacji monitorujących (Hawaje, atol Kwajalein na Oceanie Spokojnym, Wyspa Wniebowstąpienia, wyspa Diego Garcia, Colorado Springs) i główne centrum kontroli (MCS - *Master Control Station*)



Ryc. 10. Segmentowa budowa systemu GPS

w bazie lotniczej Falcon w Colorado Springs. Stacje mają za zadanie przede wszystkim kontrolować i korygować sygnały zegarów atomowych zamieszczonych na satelitach.



Ryc. 11. Stacje monitorujące systemu GPS

nachylone do płaszczyzny równikowej pod kątem 55° . Czas obiegu orbity wynosi niecałe 12 godzin (11 godz. 57 min. 27 s.). Taka konfiguracja pozwala na odbiór sygnału od pięciu do dwunastu satelitów z każdego punktu globu, a prawdopodobieństwo dostępności co najmniej 5 z nich w dowolnym punkcie Ziemi wynosi 0.9996.

Segment użytkownika tworzą różnego rodzaju odbiorniki, które przetwarzają sygnały z satelity na trójwymiarowe współrzędne położenia. Na podstawie bieżącej analizy położenia obliczają również prędkość i czas poruszania się, pokonaną różnicę wysokości itp. Sposób prezentacji oraz dokładność danych zależą od przeznaczenia i rodzaju odbiornika.

Tab. 3. Źródła błędów w GPS

Źródła błędów*	Wpływ [m]
Błąd efemeryd	2.1
Błąd zegara	2.1
Opóźnienie jonosferyczne	4.0
Opóźnienie troposferyczne	0.7
Odbicia	1.4
Błąd odbiornika	0.5

* przy wyłączeniu ograniczonego dostępu SA
Źródło: <http://www.heading.enter.net/pl/gps1.htm>

W celu wyeliminowania niektórych błędów (m.in. SA) i zwiększenia precyzji pomiaru, stworzono system korekcji, określany jako różnicowy GPS (DGPS, ang. *Differential GPS*). Polega on na zastosowaniu dodatkowych stacji naziemnych obliczających poprawki dla poszczególnych satelitów. Dzięki DGPS uzyskuje się precyzję pozwalającą na wykorzystanie systemu do pomiarów geodezyjnych, budownictwa (pomiary przemieszczeń budowli, montaż platform wiertniczych na morzu), lotnictwa (podejście do lądowania bez widoczności), żeglugi itp. W praktyce DGPS eliminuje działanie SA.

Na **segment kosmiczny** składają się 24 satelity rozmieszczone na sześciu stałych orbitach kołowych (cztery satelity na każdej) w odległości 20162,61 km nad równikiem. Orbitsy satelitów są rozłożone równomiernie wzdłuż równika co 60° długości geograficznej i

Wyznaczanie pozycji przy użyciu systemu GPS odbywa się poprzez pomiar odległości odbiornika od satelity. Jest ona obliczana na podstawie pomiaru czasu, w jakim sygnał nadawany przez satelitę dociera do odbiornika. Pomiar ten obciążony jest różnego rodzaju błędami, dlatego wynik pomiaru odległości nazywamy pseudo-odległością.

Wyróżnia się pięć podstawowych funkcji systemu GPS. Należą do nich: określanie pozycji wybranych punktów (ang. *location*), nawigacja (ang. *navigation*), pomiar czasu (ang. *timing*), tworzenie map (ang. *mapping*) oraz śledzenie obiektów (ang. *tracking*). Wszystkie zastosowania GPS są kombinacją wymienionych funkcji. Systemy GPS są wykorzystywane m.in. w: górnictwie, rolnictwie, poszukiwaniach ropy naftowej, badaniach migracji zwierząt, transporcie (obsługa ładowań i wejść do portów, śledzenie pojazdów), budownictwie (po raz pierwszy na wielką skalę wykorzystano system GPS do budowy tunelu pod kanałem La Manche), służbach ratunkowych, badaniach atmosfery, badaniach archeologicznych, turystyce. Coraz większa precyzja określania pozycji, zastosowanie miniaturyzacji urządzeń odbiorczych, a także obniżenie ich kosztów (obecnie popularny odbiornik GPS można kupić już za 1.000 zł) oraz powiązanie z najnowszymi technologiami komputerowymi stwarzają zupełnie nowe, rewolucyjne zastosowania GPS, a także przyczyniają się do powiększania grona użytkowników systemu GPS.



Ryc. 12. Popularny odbiornik GPS

Poza systemem GPS pozycjonowanie obiektów umożliwia rosyjski system GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System), a także będący w fazie budowy europejski system nawigacji satelitarnej Galileo.

V. Przykłady zastosowań GIS

Jak już wielokrotnie wspomniano, systemy GIS znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach życia. Ocenia się, iż 80% decyzji podejmowanych przez ludzi ma charakter przestrzenny, tzn. łączy się z przestrzenią bądź podlega jej wpływowi (Albaredes, 1992). Oczywiście, szacunki takie są bardzo przybliżone i w zasadzie nie oparte na konkretnych badaniach statystycznych, ale wydaje się, że ukazują one, jak wielki wpływ na człowieka ma informacja przestrzenna (zarówno dostęp do niej, jak i możliwości jej analizy). Stąd też mnogość zastosowań systemów GIS, które nie dotarły jeszcze z pewnością do wszystkich potencjalnych miejsc swojego zastosowania – lecz biorąc pod uwagę dynamikę ich rozwoju – zapewne niedługo dotrą. W niniejszym rozdziale omówionych zostanie jedynie kilka przykładowych zastosowań.

1) Działalność gospodarcza

Systemy GIS pozwalają na gromadzenie danych na temat sprzedaży, miejsc zaopatrzenia w surowce i półprodukty. Ułatwiają podejmowanie podstawowych decyzji – „jak?”, „co?” i „gdzie?” produkować (sprzedawać) w oparciu o analizę już istniejących sklepów i zakładów stanowiących konkurencję, analizę sprzedaży konkretnych produktów w poszczególnych miejscach, a tym samym umożliwiają optymalną odpowiedź na zapotrzebowanie. Umożliwiają również analizę demograficzną, a tym samym odnajdywanie potencjalnych klientów, określenie najkorzystniejszego położenia planowanego sklepu, zakładu itp.

2) Działalność administracyjna

W tym obszarze systemy GIS znajdują wyjątkowo szerokie zastosowanie. Pozwalają na stworzenie kompleksowej bazy danych zarówno na szczeblu lokalnym (np. miasto, gmina), jak i regionalnym (np. województwo), uwzględniającej wszystkie elementy infrastruktury technicznej i społecznej, a także dane demograficzne, dane dotyczące ochrony środowiska (monitoring) oraz informacje na temat prowadzonych form działalności gospodarczych. Zasilony takimi danymi system GIS bardzo efektywnie wspomaga podejmowanie decyzji dotyczących zarządzania infrastrukturą, lokalizacji nowych obiektów oraz wieloaspektowej oceny planowanych działań. Umożliwia również usprawnienie działania oraz koordynację takich służb, jak straż pożarna czy pogotowie, a także tworzenie różnego rodzaju symulacji.

3) Publikowanie map

Jakkolwiek kartografia komputerowa nie wymaga stosowania systemów typu GIS, a więc systemów mających możliwości analityczne, jednak ich zastosowanie umożliwia szybkie i nieskomplikowane tworzenie map, a zwłaszcza map tematycznych. Pozwala również na prezentowanie za pomocą map wyników symulacji i złożonych analiz. Niekiedy odbywa się to jednak kosztem merytorycznej poprawności tak tworzonych materiałów kartograficznych. Dodatkowo wykorzystanie odpowiednich technologii komputerowych pozwala na tworzenie map interaktywnych, umożliwiających użytkownikowi dowolne ingerowanie zarówno w dobór danych jak i sposób ich prezentacji. Mapy multimedialne z kolei pozwalają dodatkowo na prezentowanie zjawisk z wykorzystaniem dźwięku i ruchomego obrazu.

4) Zarządzanie surowcami, geologia

To zastosowanie leży u samych podstaw systemów GIS i nadal jest jednym z głównych sposobów ich wykorzystania. GIS pozwala na gromadzenie i zarządzanie informacjami doty-

czącymi zasobów i miejsc eksploatacji surowców. Umożliwia kontrolę stanu złóż, a także ułatwia poszukiwanie nowych (obecnie na szeroką skalę wykorzystuje się w tym celu analizę zdjęć satelitarnych i lotniczych). W krajach o wzmożonej aktywności sejsmicznej oraz wulkanicznej systemy GIS służą do oceny ryzyka erupcji bądź trzęsienia ziemi, a także koordynują działanie w czasie sytuacji kryzysowych.

5) Ochrona środowiska naturalnego

GIS stwarza ogromne możliwości w zakresie monitoringu środowiska, uwzględniając przy tym zależności pomiędzy wieloma jego elementami. Ułatwia on gromadzenie danych dotyczących stanu środowiska (m.in. z automatycznych stacji pomiarowych lub pomiarów dokonywanych w terenie z wykorzystaniem systemu GPS), ocenę zagrożeń czy skutków podejmowanych przekształceń środowiska. Uwzględnia również takie czynniki jak warunki klimatyczne i pogodowe (np. kierunki wiatrów), rozmieszczenie i wpływ ludności i wiele innych. Coraz powszechniej stosuje się systemy GIS do zarządzania poszczególnymi parkami i rezerwatami.

6) Transport

System GIS znajduje bardzo szerokie zastosowanie także w dziedzinie transportu, zarówno w skali lokalnej jak i regionalnej czy wręcz krajowej lub międzynarodowej. Umożliwia



Ryc. 13. Zastosowanie GPS do nawigacji pojazdów.

m.in.: zarządzanie sieciami transportu, planowanie rozbudowy infrastruktury, jej ocenę (m.in. bieżąca kontrola stanu dróg), a także ocenę bezpieczeństwa i wpływu na środowisko. W dziedzinie transportu systemy GIS ściśle współpracują z systemem satelitarnego określania pozycji GPS. Kontrola położenia w czasie rzeczywistym w połączeniu z informacjami znajdującymi się w bazie systemu GIS umożliwia określanie optymalnych

połączeń dla wszelkiego rodzaju pojazdów (zwłaszcza dotyczy to firm transportowych, coraz powszechniej także użytkowników indywidualnych). System GIS może uwzględniać wówczas rodzaj pojazdu, ukształtowanie terenu, rodzaj nawierzchni oraz natężenie ruchu na poszczególnych drogach, średni czas oczekiwania na przejściach granicznych czy wystąpienie sytuacji wyjątkowych (np. wypadków drogowych) i na tej podstawie określić (i przesłać do

odbiornika GPS znajdującego się w pojeździe użytkownika), w zależności od potrzeb, trasę najszybszą lub też połączenie najtańsze. Wykorzystanie połączonych systemów GIS i GPS w transporcie prowadzi do znacznego usprawnienia i obniżenia kosztów przewozów.

7) Nauka i edukacja

Wszystkie wymienione wyżej zastosowania, a także możliwości analizy i wizualizacji danych pozwalają na wykorzystanie systemów GIS zarówno w nauce jak i edukacji. W połączeniu z oznaczaniem lokalizacji za pomocą GPS systemy GIS pomagają m.in. w badaniach i ocenie stanu gleb, lasów, wód. Umożliwiają również badania morfologiczne przy wykorzystaniu cyfrowego modelu terenu (ang. DTM – *Digital Terrain Model*), a także szerokie zastosowanie w badaniach ludnościowych. Bogate możliwości w zakresie wizualizacji sprawiają z kolei, iż systemy GIS mogą być bardzo atrakcyjnym narzędziem pozwalającym zrozumieć wiele skomplikowanych procesów zachodzących w otaczającym nas świecie i wnieść istotny wkład do stosowanych obecnie metod edukacyjnych.

VI. Podsumowanie

Geograficzne Systemy Informacyjne są przede wszystkim potężnym narzędziem, umożliwiającym gromadzenie i przetwarzanie w szybki i prosty sposób olbrzymiej ilości różnorodnych danych dotyczących obiektów, zjawisk i procesów zachodzących na powierzchni Ziemi. Pozwalają na dokonywanie w sposób kompleksowy (uwzględniający wiele bardzo różnorodnych aspektów) analizy informacji przestrzennych, często niemożliwych do wykonania innymi sposobami (np. analiza widoczności, symulowanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w mieście z uwzględnieniem morfologii miasta i warunków meteorologicznych). Szybkość otrzymywania zdefiniowanych analiz pozwala natomiast na zastosowanie GIS wszędzie tam, gdzie potrzebne jest podejmowanie szybkich decyzji, opartych o analizę sytuacji w danym regionie (np. straż pożarna, policja).

Wyobraźmy sobie następującą sytuację. Jest rok 2025. W kilkumilionowym mieście dochodzi do wypadku drogowego, w którym uczestniczy cysterna przewożąca trujący gaz. W ciągu minuty od zdarzenia do centrum kryzysowego dociera informacja o rodzaju i ilości trującej substancji przewożonej w cysternie oraz dokładnym miejscu i okolicznościach wypadku. W tym samym momencie aktualizowane są również informacje dotyczące warunków meteorologicznych (temperatury, stanu atmosfery, kierunków wiatru itp.), natężenia ruchu na poszczególnych ulicach, oraz położenia najbliższych karetek pogotowia i jednostek wyspecjalizowanych do usuwania skutków awarii chemicznych. Po kolejnej minucie system GIS druku-

je mapy określające rejony miasta najbardziej zagrożone ulatniającym się gazem, z zaznaczeniem wszystkich budynków mieszkalnych znajdujących się na wskazanym terenie oraz szacunkową liczbą ludności. Jednocześnie system opracowuje drogi ewakuacji ludności z miejsca wypadku i obszarów zagrożonych, wyznacza drogi objazdowe oraz powiadamia wszystkie niezbędne służby o konieczności podjęcia konkretnych kroków (szpitale o potrzebie przygotowania miejsc na odpowiednich oddziałach specjalistycznych, policję o wyznaczeniu strefy ochronnej, ewakuacji ludności, drogach objazdowych itp., stacje radiowe i telewizyjne, providerów usług internetowych oraz operatorów sieci komórkowych w celu powiadomienia ludności o niebezpieczeństwie i zasadach akcji ratunkowej itp.). W ciągu niespełna piętnastu minut od wypadku ustalony jest więc cały plan akcji ratunkowej, powiadomione są właściwe służby, oraz ludność za pośrednictwem mediów.

Ta hipotetyczna sytuacja, być może przypominająca nieco fabułę filmu science-fiction, nie jest jednak w rzeczywistości tak odległa, jak by się to mogło wydawać. Już dziś ogromne możliwości, jakie dają systemy GIS, sprawiają, iż stają się one coraz powszechniejsze, coraz efektywniej wspomagając człowieka przy podejmowaniu decyzji.

Bibliografia

- Albaredes G., 1992, *A New Approach: User Oriented GIS. in: Proceedings of EGIS '92.*, Munich.
- Burrough P., McDonnell R., 1998, *Principles of geographical Information Systems.* Oxford University Press, Oxford.
- Clarke K.C., 2001, *Getting Started With Geographic Information Systems.* Prentice Hall, Oxford.
- *Kompendium. PANEL-GI. Przewodnik po GI i GIS.* Stowarzyszenie Użytkowników Krajowego Systemu Informacji o Terenie GISPOL
- Smith T.R., Menon S., Star J.L., Estes J.E., 1987 *Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems.* International Journal of Geographical Information Systems 1(1).
- *System Informacji Przestrzennej w Lasach Państwowych. Podręcznik użytkownika Leśnej Mapy Numerycznej,* 2000, Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Warszawa
- Urbański J., 1997, *Zrozumieć GIS. Analiza informacji przestrzennej*”. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa