

**Stefan IGNAR**

Katedra Budownictwa Wodnego SGGW

## **Geograficzny System Informacyjny i jego zastosowanie w inżynierii środowiska**

### **Wprowadzenie**

Potrzeba opracowania i rozwoju Geograficznego Systemu Informacyjnego, którego spolszczona skrótowa nazwa brzmi GIS, zaistniała w związku z koniecznością podejmowania decyzji dotyczących środowiska człowieka, przy zwiększającej się ilości dostępnych informacji i rosnącej liczbie uwarunkowań oddziałujących na te decyzje. Poszukiwano więc takich rozwiązań, które pozwoliłyby na gromadzenie danych o otaczającym nas świecie, ich analizę i przetwarzanie, tak aby można je było przedstawić w uproszczonej formie, zgodnie z oczekiwaniami decydentów.

### **Zasady działania GIS**

Pojęcie "Geograficzny System Informacyjny" powstało pod koniec lat 60., a jedną z pierwszych praktycznych realizacji był Kanadyjski Geograficzny System Informacyjny z lat 70. zastosowany do inwentaryzacji zasobów naturalnych. Według ogólnej definicji jest to system do gromadzenia, kontroli, przetwarzania, analizy i wydruku danych geograficznych, czyli danych związanych z określoną lokalizacją w środowisku. GIS jest m.in. efektem rewo-

lucji ilościowej w geografii, dokonującej się w ciągu ostatnich lat, jak również wynikiem gwałtownego rozwoju informatyki i metod zarządzania zbiorami informacji w postaci baz danych. Zakłada się, że GIS powinien realizować podstawowe zadania czterech niezależnych systemów komputerowych:

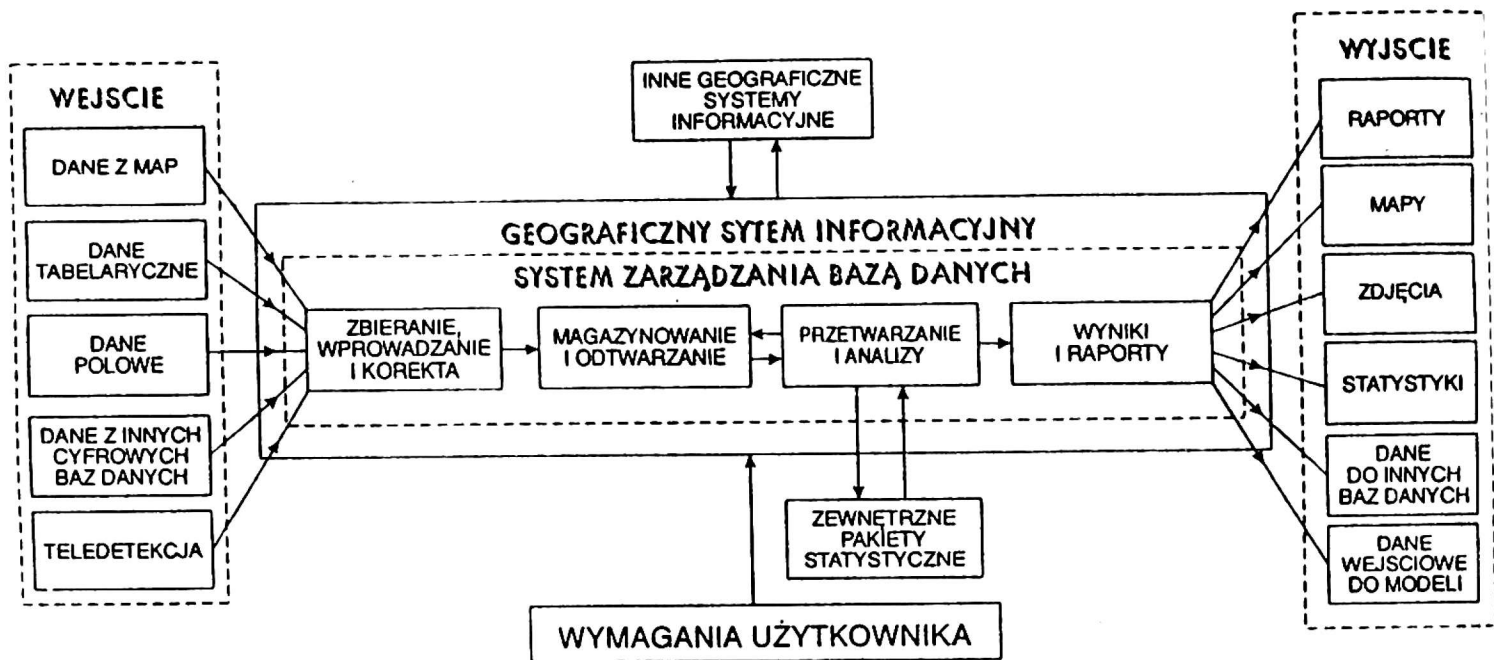
- a) kartografii komputerowej,
  - b) teledetekcji,
  - c) zarządzania bazami danych,
  - d) projektowania wspomaganego komputerem.
- Systemy projektowania wspomaganego komputerem (CAD) zostały opracowane dla celów projektowania i prezentacji graficznej nowych obiektów.
  - Systemy teledetekcji są przeznaczone do zbierania, opracowywania i prezentacji danych rejestrowanych przez skanery zamontowane w samolotach i satelitach.
  - Systemy zarządzające bazami danych (DBMS) są oprogramowaniem służącym do zbierania i przetwarzania danych nieprzestrzennych (opisowych). Przykładem jest powszechnie znany pakiet DBASE.
  - Systemy kartografii komputerowej ukierunkowane są na gromadzenie, klasyfikację i automatyczne nadawanie

symboli analizowanym danym. Przeznaczone są raczej do wydruku danych niż do ich analizy.

Schemat blokowy Geograficznego Systemu Informatycznego przedstawiono na rysunku 1.

odcinkami linii prostej. Podobnie jak zbiór współrzędnych zapisywany jest obszar w postaci tzw. poligonu.

Rastrowy sposób zapisu danych przestrzennych polega na wykorzystaniu siatki



Rys. 1. Schemat blokowy GIS

Dane wejściowe są obecnie najczęściej wprowadzane z mapy za pomocą digitizera, choć w przyszłości zostaną one zastąpione w znacznej części przez automatycznie przetwarzane zdjęcia lotnicze i satelitarne. Dane te mogą być w trzech postaciach:

- a) wektorowe,
- b) rastrowe,
- c) atrybuty, czyli dane opisowe.

Reprezentacja wektorowa sprowadza się do jak najdokładniejszego odzwierciedlenia geometrii i topologii mapy, tj. rozmieszczenia linii, punktów i figur zajmujących pewne powierzchnie. Obiekty te zapamiętywane są w postaci współrzędnych prostokątnego układu kartezjańskiego, najczęściej w pierwszej ćwiartce. Punkty są określane pojedynczą parą  $(x,y)$  współrzędnych. Linie zdefiniowane są przez co najmniej dwie różne pary współrzędnych połączone

pól podstawowych, związanej z geograficznym układem odniesienia. W celu jak największego przybliżenia do rzeczywistości stosuje się bardzo małe rozmiary pól przyjmując, że jedno pole odpowiada najmniejszej wymiarowo plamce świetlnej, jaką komputer jest zdolny wyświetlić na ekranie — jest to tzw. piksel. Wartości opisujące charakter pól przypisuje się wg następujących zasad:

- gdy jego powierzchnia jest pokryta w większej części przez dane zjawisko lub obiekt geograficzny,
- gdy chociaż drobny fragment jest pokryty przez dane zjawisko lub obiekt geograficzny,
- gdy dane zjawisko można zlokalizować w jego centrum.

Dane atrybutowe opisują omówione powyżej dane przestrzenne, są z nimi po-

wiązane i przechowuje się je w systemach zarządzania bazami danych. Mogą to być np. typy gleb, nazwy miast, rodzaje zanieczyszczeń itp.

Wprowadzone do systemu dane podlegają korekcje, wprowadzeniu do bazy danych, a następnie przetwarzaniu i analizie, by w końcu można było uzyskać wyniki i raporty.

GIS jest więc narzędziem pozwalającym na realizację polityki zorientowanej na monitorowanie, gromadzenie danych, analizę, symulację i planowanie. W stosunku do tradycyjnych metod pozwala na znacznie lepsze zarządzanie bazami danych geograficznych oraz na efektywne wspomaganie podejmowania decyzji. Przetwarzanie i analiza danych cyfrowych najczęściej związane są z operacjami na mapach rastrowych. Operacje te polegają na nakładaniu map, ich agregacji i transformacji. Możliwa jest również analiza danych rzeźby terenu umożliwiająca:

- a) wykreślanie linii spływu i działów wodnych,
- b) uzyskiwanie profilu pionowego lub poziomego,
- c) obliczanie i obrazowanie nachylenia stoków,
- d) obrysowanie zasięgu widoczności z wybranego punktu,
- e) obliczanie wysokości względnych.

Inne procedury analizy danych pozwalają na obliczenie:

- a) pola powierzchni,
- b) długości,
- c) obwodu obiektów geograficznych, oraz statystyczną obróbkę cech nieprzestrzennych i danych wyliczonych ze współrzędnych.

## **Zastosowanie GIS w inżynierii środowiska**

Omówione poprzednio możliwości zastosowań GIS sprawiają, że od początku zaistnienia GIS stał się bardzo użytecznym narzędziem w inżynierii środowiska pozwalającym na:

- a) inwentaryzację naturalnych zasobów środowiska,
- b) monitoring zachodzących zmian,
- c) wariantowe planowanie różnorodnych przedsięwzięć,
- d) prognozowanie zmian w środowisku — naturalnych, jak i wywołanych działalnością człowieka.

Praktyczne możliwości zastosowania GIS-u można zilustrować przy pomocy trzech poniżej opisanych przykładów. Pierwszy z nich przedstawia wykorzystanie tzw. cyfrowego modelu terenu do badania wezbrań w dolinie Wisły powyżej Płocka. Został on opracowany w Zakładzie Hydrologii Uniwersytetu Warszawskiego i zastosowany do badania zasięgu wezbrań w terenach zalewowych Wisły powyżej Płocka. Model taki zbudowano posługując się mapą topograficzną w skali 1:25 000. Warstwice z mapy wczytano za pomocą skanera, posługując się programem CAD-Raster, a następnie wyznaczono macierz rzędnych terenu interpretując wczytane warstwice za pomocą programu Surfer. Macierz ta została przetworzona na mapę rastrową w pakiecie GIS o nazwie ILWIS. Model pozwala na określanie powierzchni doliny zalewanej przez wezbrania o różnej częstotliwości występowania poprzez przyjęcie odpowiadających im stanów wody. Oprócz podania mapy terenów pokrytych wodą, program może obliczać powierzchnię zalewu czy objętość wezbrania w odcinku rzeki. Tego typu analizy mogą mieć zastosowanie przy planowaniu zagospodarowania doliny rze-

cznej, jak również przy projektowaniu budowli inżynierskich, takich jak wały przeciwpowodziowe czy zapory.

Drugi przykład opisuje zastosowanie GIS o nazwie GRASS w modelowaniu wód gruntowych. Obliczenia te zostały wykonane w Laboratorium Hydrologicznym na Uniwersytecie w Brukseli. Badania były prowadzone na terenie rezerwatu bagienne-go Walenbos w północnej Belgii. System wód gruntowych był symulowany przez trójwarstwowy model o przepływie ustalonym. Topografię terenu określono poprzez digitalizację warstw i przekształcenie w mapę rastrową o rozdzielczości 50 m. Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci map cyfrowych:

a) mapy głębokości zalegania wód gruntowych,

b) mapy zlewni podziemnej wraz z czasami dopływu wody (powierzchnia ta jest prawie trzy razy większa od zlewni powierzchniowej. Jest to bardzo istotna informacja dla ochrony rezerwatu),

c) mapy obszarów eksfiltracji, które dominują na terenie rezerwatu.

Dla weryfikacji obliczeń modelowych porównano tę mapę z mapą otrzymaną z analizy zdjęcia satelitarnego z LANDSAT- a 5, przedstawiającą obszary infiltracji i eksfiltracji wód podziemnych. Otrzymano dobrą zgodność obu tych map.

Kolejny przykład dotyczy zastosowania GIS do analizy i opisu stref skażeń środowiska. Analiza ta została wykonana w prywatnej firmie konsultingowej GEOPS w Holandii, która opracowała własny pakiet GIS o tej samej nazwie i zajmuje się jego wdrożeniem. W przykładowych obliczeniach uwzględniono cztery rodzaje zagrożeń.

a) hałas

b) ryzyko wypadków (w przemyśle lub transporcie),

c) dokuczliwy zapach,

d) rakotwórcze i toksyczne skażenie powietrza.

Poziom każdego zagrożenia jest mierzony w kilku punktach i interpolowany, w wyniku czego otrzymujemy strefy natężenia. Poszczególne zagrożenia dla środowiska mogą być rozpatrywane indywidualnie lub łącznie. Następnym krokiem jest określenie ilości mieszkańców w poszczególnych strefach zagrożenia. Analizy takie pozwalają na wyznaczenie stref zagrożenia i zaprojektowania środków przeciwdziałających.

Przedstawiony powyżej opis GIS wraz z przykładami jego zastosowań pozwala na traktowanie go jako nowoczesnego i efektywnego narzędzia w badaniach naukowych dotyczących inżynierii środowiska.

## Literatura

- GAŹDZICKI J. 1990: *Systemy informacji przestrzennej*. PPWK, Warszawa.
- MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., RHIND D. 1991: *Geographical Information Systems*. Longman, New York.
- WERNER P. 1992: *Wprowadzenie do Geograficznych Systemów Informacyjnych*. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.

## Summary

**Geographical Information Systems and their application for environmental engineering.** The paper describes basic principles and development of Geographic Information Systems. Main features are given together with possible applications for environmental engineering investigations.