

GIS - Geographical Information System

Opracowano na podstawie książki: *Dariusz Gotlib, Adam Iwaniak, Robert Olszewski: „GIS Obszary zastosowań”* Wyd. PWN Warszawa 2007

Systemu informacji geograficznej SIG – GIS.

W ciągu ostatnich 40 lat obszar zastosowań systemów informacji geograficznej znacznie się rozszerzył. Najpierw było to specjalistyczne oprogramowanie, później system informatyczny a wreszcie dziedzina o dużym znaczeniu także dla gospodarki i administracji.

Pierwszy system GIS został opracowany w latach 60 dla oceny zasobów naturalnych Kanady. GIS jest obecnie standardowym narzędziem informatycznym, wspierającym działalność firm, instytucji i osób. Na technologii GIS oparte są portale geoinformacyjne, systemy nawigacji samochodowej, lotniczej, morskiej oraz inne powszechnie rozpowszechnione aplikacje jak GoogleEarth.

Systemy GIS nazywane są również systemami informacji przestrzennej, informacji terenowej lub systemami geoinformacyjnymi.

Umożliwiają one gromadzenie i analizowanie danych geograficznych i związanych z nimi atrybutów opisowych, np. liczba ludności w strefie zagrożenia powodzią, widoczność terenu z danego punktu, oszacowanie potencjalnej liczby klientów placówki handlowej dla zadanej lokalizacji.

Systemy GIS pozwalają na zapis danych przestrzennych w logicznej strukturze, wszechstronną analizę i wizualizację. Służą też do opisu, wyjaśniania i przewidywania rozkładu przestrzennego zjawisk geograficznych.

System GIS składa się z oprogramowania, sprzętu, danych, algorytmów oraz procedur przetwarzania i udostępniania informacji.

Obecnie systemy GIS są najczęściej składnikami różnych specjalistycznych systemów informatycznych. Dlatego często używa się pojęcia technologia GIS – jako zestaw metod i technik do budowy systemów informacji geograficznej.

Technologia GIS stosowana jest m.in. w administracji, ochronie przyrody, planowaniu przestrzennym, monitoringu zanieczyszczeń, ochronie zdrowia, geomarketingu, systemach lokalizacyjnych, edukacji itp. Ważną rolę odgrywają systemy GIS w zarządzaniu kryzysowym, ratownictwie, planowaniu przestrzennym, wojsku.

Dzięki GIS można planować właściwe rozmieszczenie nadajników radiowych (np. telefonii komórkowej), projektować drogi, symulować rozchodzenie się fali powodziowej.

Fazy w rozwoju cywilizacji ludzkości wg koncepcji amerykańskich politologów Alvina i Heidi Tofflerów:

- przejście od trybu wędrownego do osiadłego
- rewolucja przemysłowa
- rewolucja informatyczna: rozwój społeczeństwa informacyjnego, powszechny dostęp do Internetu, zaawansowane usługi geoinformacyjne, wykorzystanie specjalistycznych funkcji analitycznych GIS zlokalizowanych na odległych serwerach, np. optymalne planowanie podróży (dylemat komiwojażera).

Różne definicje GIS

Wg Jerzego Gaździckiego – 2011 r. (Leksykon geomatyczny)

System pozyskiwania, gromadzenia, weryfikowania, analizowania, transferowania i udostępniania danych przestrzennych; w szerokim rozumieniu obejmuje metody, środki techniczne – sprzęt i oprogramowanie, bazę danych przestrzennych, organizację, zasoby oraz ludzi zainteresowanych jego funkcjonowaniem.

Pod koniec lat 90. XX w. przez GIS zaczęto rozumieć nauki geoinformacyjne (GIScience). Powołano University Consortium for Geographic Information Science – organizację zrzeszającą kilkadziesiąt organizacji akademickich w USA, prowadzących badania w zakresie nauk o Ziemi.

Infrastruktura danych przestrzennych – Spatial Data Infrastructure

W 1994 r. prezydent Bill Clinton podpisał dokument ustanawiający SDI w skali kraju oraz określający standard narodowego zasobu danych przestrzennych. Powstało też konsorcjum OpenGIS w celu ustalenia norm w zakresie wymiany danych przestrzennych i opisujących je **metadanych** (danych o danych).

W 2007 r. w Europie została zatwierdzona Dyrektywa nr 2007/2/EC definiująca europejską infrastrukturę danych przestrzennych – INSPIRE.

Źródła danych

Do implementacji systemu GIS niezbędne są aktualne i wiarygodne dane przestrzenne i opisowe, doświadczeni pracownicy i racjonalny model opisujący strukturę bazy danych.

W początkowym okresie podstawowym źródłem danych były mapy papierowe. Poddawano je digitalizacji w celu zapisania mapy analogowej w postaci cyfrowej, wektorowej. W latach 90. XX w. proces digitalizacji zastąpiono skanowaniem map analogowych i zapisem w postaci rastrowej i późniejszą wektoryzacją komputerową. Obecnie systemy GIS wykorzystują jako główne źródło danych geometrycznych zdjęcia lotnicze, obrazowania satelitarne (najczęściej ortofotogramy), pomiary GPS a nie przetworzone mapy analogowe.

Czynnikiem decydującym o jakości systemu informacji geograficznej jest wiarygodność danych – aktualność i dokładność geometryczna.

Istotne jest by dla całego kraju był dostępny tzw. **zbiór danych referencyjnych** jako podstawa do opracowania danych tematycznych.

Mapy zaczęto zastępować bazami danych przestrzennych o różnym stopniu szczegółowości i dokładności.

Opracowania referencyjne powstają też w skali globalnej. W latach 90. Została opracowana w USA cyfrowa mapa świata (Digital Chart of World)- upowszechniana jako tzw. baza danych VMap 1.0. Organizacja GSDI (Global Spatial Data Infrastructure) zaleca stosowanie powszechnych standardów przy wytwarzaniu danych przestrzennych, określaniu ich struktury, stosowaniu otwartego formatu wymiany, gromadzeniu i udostępnianiu **metadanych**.

Udostępnienie w Internecie mapy danych umożliwia powszechny dostęp do informacji. Standaryzacja formatu wymiany danych, np. przez zapisywanie danych przestrzennych jako plików GML (Geographic Markup Language) ułatwia możliwość integrowania danych i współpracę między systemami GIS.

Modele danych GIS

Model danych jest uporządkowanym cyfrowym opisem reprezentacji wybranych cech świata rzeczywistego.

Model wektorowy – dla danych o charakterze dyskretnym lub częściowo ciągłym

Model rastrowy dla danych ciągłych, takich jak pokrycie terenu.

Odwzorowanie ciągłej powierzchni rzeźby terenu przy jednoczesnym zachowaniu informacji o strukturze rzeźby i relacjach topologicznych wymaga stosowania modelu **TIN** – nieregularnej siatki trójkątów.

Struktura TIN może być traktowana jako szczególna odmiana wektorowa modelu danych.

Budowa SIG wymaga odpowiedniego sprzętu i oprogramowania GIS a także zgromadzenia i zapisania w uporządkowanej strukturze (modelu) danych przestrzennych i atrybutów opisowych.

Modele danych rastrowy i wektorowy stosowane w SIG (podobnie jak modele zapisu danych w bazach danych: relacyjny, obiektowy i relacyjno-obiektowy) są w znacznej mierze niezależne od stosowanych narzędzi informatycznych.

Modelowanie przestrzeni geograficznej wymaga doboru najistotniejszych cech opisywanej przestrzeni i ich zapisu. Jest to rodzaj generalizacji danych przestrzennych. Modelowanie jest procesem celowego doboru określonych elementów i cech w zależności od przyjętego poziomu uogólnienia i przeznaczenia systemu.

Model materialny przestrzeni geograficznej może być zapisany jako:

- model obrazowy
- model topograficzny (krajobrazowy) **DLM (Digital Landscape Model)**
- model kartograficzny **DCM (Digital Cartographic Model)**

Model obrazowy powstaje przez automatyczną rejestrację obrazu terenu przy użyciu czujników wizualnych lub termicznych podczerwieni albo radaru. Przykładem są zdjęcia lotnicze i obrazy satelitarne.

Model topograficzny (krajobrazowy, bazodanowy) DLM tworzy się na podstawie modelu obrazowego – wydzielenie klas obiektów i wektoryzacja albo przez pomiar bezpośredni w terenie.

W modelu tym obiekty zachowują ścisłą georeferencję (odniesienie przestrzenne), ich położenie i kształt nie są modyfikowane podczas redakcji kartograficznej.

Model numeryczny kartograficzny DCM powstaje przez redakcję danych DLM – nadanie symboliki kartograficznej, wygładzanie linii, przesunięcia obiektów, napisy itp. dla poprawienia czytelności mapy.

Rastrowy i wektorowy model danych.

W modelu **rastrowym** przestrzeń jest podzielona na pola podstawowe (wiersze i kolumny), którym przypisano określone wartości charakterystyczne dla opisywanego zjawiska (np. wysokość n.p.m.). Podstawowym elementem jest piksel (picture element) – najmniejszy rozróżnialny element obrazu. Wielkość piksela określa rozdzielczość modelu (np. 1x1m).

Rastrowe modele danych zapisywane w postaci macierzy (tablic pikseli) oraz sieci GRID (regularnych siatek punktów) są modelami ziarnistymi. Opisują dane za pomocą elementarnych ziaren (pikseli) obrazu odpowiednio zagęszczonych (rozdzielczość) i zróżnicowanych (informacje atrybutowe). Zapis rastrowy jest prosty lecz wymaga dużej ilości pamięci.

Model rastrowy jest wykorzystywany głównie do danych obrazowych i teledetekcyjnych.

Do zapisu na dysku stosuje się algorytmy kompresji. Kompresja bezstratna, np. RLE, PNG, CALIC, kompresja LZW stosowana w TIFF, kompresje stratne, np. JPEG.

Model wektorowy – zapis informacji w postaci uporządkowanych współrzędnych reprezentujących poszczególne części modelowanego obiektu. Są proste modele wektorowe i topologiczne modele wektorowe.

Obiekty punktowe są wyznaczone przez współrzędne, liniowe przez zbiór punktów załamania, powierzchniowe przez zbiór linii. Każdy wektor lub ich zbiór reprezentuje jakiś obiekt bazy danych.

W **prostym modelu wektorowym** informacje o obiektach (punkty, linie, poligony) nie są ze sobą powiązane. Zaletą jest prostota zapisu, wadą redundancja danych. Określenie związków między poszczególnymi obiektami nie jest w tym modelu jawnie zdefiniowane i wymaga analiz geometrycznych.

W **topologicznym modelu wektorowym** podstawowa informacja geometryczna (lokalizacja punktów) jest zapisywana jednokrotnie.

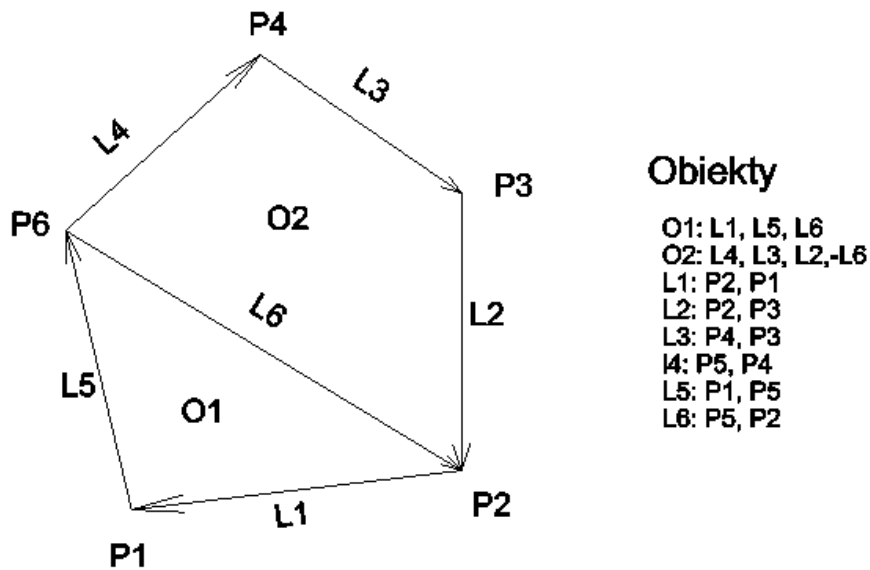
W tym zapisie definiowane są bezpośrednio także związki topologiczne między obiektami.

Relacje topologiczne są bezwymiarowymi właściwościami obiektów przestrzennych, niezmiennymi podczas przekształceń takich jak obrót czy skalowanie.

Odcinki linii to uporządkowana para punktów (wektor), obiekty powierzchniowe to obszary ograniczone liniami. Linie nie mogą się wzajemnie przecinać. Istotna informacja po której stronie linii znajduje się dany obiekt powierzchniowy.

Przykład:

Topologiczny model wektorowy



Topologiczny model ułatwia analizy przestrzenne i upraszcza proces aktualizacji danych.

Wektorowy sposób zapisu pozwala na obiektową organizację danych w bazie danych. Klasie obiektów odpowiada zestaw obiektów (wektorów) danego typu, np. drogi, ciekі itp.

Rastrowy sposób zapisu umożliwia macierzową organizację danych – zestawy pikseli, a wektorowy jest odpowiedni do modelowania obiektów dyskretnych o dokładnych konturach i kształtach.

Zastosowanie tej formy zapisu, przy jednoczesnym zgromadzeniu w bazie danych atrybutów opisowych poszczególnych obiektów umożliwia analizy przestrzenne z zastosowaniem zapytań opartych na języku **SQL**

i operatorach przestrzennych.

Relacyjny i obiektowy model danych

W SIP są dane przestrzenne i związane z nimi atrybuty opisowe zapisane w strukturze bazy danych. Do zapisu informacji geograficznych stosuje się modele, struktury i formaty stosowane w bazach danych i systemach zarządzania bazami danych DBMS.

W dziedzinie baz danych stosuje się obecnie 2 podstawowe modele: model relacyjny i model obiektowy.

Najczęściej wykorzystywany jest model relacyjny. W praktyce często stosuje się modele relacyjno-obiektowe.

W **relacyjnym modelu** danych stosuje się dwuwymiarowe tabele, składające się z kolumn (pól) i wierszy (rekordów, krotek). Poszczególne kolumny mogą przechowywać dane określonego typu, np. liczba, tekst, data.

Powiązanie między danymi w różnych tabelach może być dokonane przez porównanie wartości zapisanych w odpowiadających sobie kolumnach tych tabel – tzw. klucze główne i klucze obce.

W **obiektowym modelu** danych stosuje się pojęcia informatyki obiektowości, tzn. obiekt, klasa obiektów, hierarchia klas, stan obiektu, atrybuty, metody, dziedziczenie, hermetyzacja, komunikaty, polimorfizm. Możliwe jest tworzenie atrybutów złożonych oraz przypisywanie metod operowania obiektami.

Źródła i metody pozyskiwania danych geograficznych do GIS

SIG nie może istnieć bez bazy danych geograficznych (przestrzennych).

Jakość systemu zależy od jakości bazy.

Pozyskiwanie informacji poprzez

- Zakup danych
- Zakup licencji na korzystanie z danych

Zlecenie pomiaru danych lub osobiste wykonanie pomiaru

Mogą być urzędowe i komercyjne źródła danych. Dane są w różnych formatach, modelach i o różnej jakości.

Pomiary geodezyjne zleca się zwykle firmie specjalistycznej. Pomiary można podzielić na bezpośrednie, terenie (np. przy pomocy GPS i innych instrumentów geodezyjnych) oraz pośrednie (wykorzystanie zdjęć lotniczych, satelitarnych lub istniejących map analogowych).

Poszukuje się najczęściej następujących rodzajów danych:

Wektorowe bazy danych geograficznych

Zbiory zeskanowanych map archiwalnych

Geodezyjne dane pomiarowe

Dane fotogrametryczne i teledetekcyjne

Wektorowe bazy danych geograficznych są tworzone przez państwowe służby geodezyjne i kartograficzne, instytucje i organizacje oraz przedsiębiorstwa.

Najważniejsze zbiory danych tworzonych i udostępnianych przez państwową służbę geodezyjną i kartograficzną:

- Ewidencja Gruntów i Budynków (EGiB) – kataster nieruchomości
- Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu (GESUT)
- Baza Danych Topograficznych (TPD)
- Bazy danych tworzone w ramach NATO (VMap)
- Baza Danych Ogólnogeograficznych (BDO)
- Państwowy Rejestr Granic (PRG)
- Państwowy Rejestr Nazw Geograficznych (PRNG)

Są też tworzone bazy tematyczne.

Można korzystać z bogatych zasobów firm komercyjnych i firm zagranicznych.

Komercyjne bazy danych są dostarczane albo w otwartych formatach GIS albo w formatach zamkniętych, zintegrowanych z odpowiednim oprogramowaniem.

W Polsce dane dostarczają m.in. PPWK S.A., Geosystems Sp. z o.o., IMAGIS Sp. z o.o., Emapa Sp. z o.o., Techmex.

Wśród koncernów zagranicznych największą rolę odgrywają TeleAtlas i Navteq.

Zawartość informacyjna baz jest różna.

Baza danych od prawie wszystkich dostawców zawiera:

Sieć drogową, lokalizację miejscowości, granice administracyjne, adresy, wybrane obiekty, przeważnie użyteczności publicznej.

Niektóre firmy dostarczają informacje o organizacji ruchu.

Geodezyjne dane pomiarowe

Geodezyjne pomiary terenowe wykonywane są przy użyciu teodolitów, tachimetrów, dalmierzy, odbiorników GPS najczęściej podczas inwentaryzacji. Rozpowszechniło się pozyskiwanie danych do systemów GIS przy pomocy odbiorników GPS z dużą dokładnością pomiaru, nawet z możliwą dokładnością do 1mm. Potrzebny jest do tego drogi sprzęt, oprogramowanie, odpowiednie metody i techniki i wiedza specjalistyczna. Powszechnie dostępne podręczne GPS dają dokładność od kilku do kilkudziesięciu metrów.

Bazy danych przestrzennych

Bazy danych przestrzennych różnią się w sposób istotny od innych baz danych. Zasadnicza część baz danych przestrzennych ma bezpośrednie odniesienie do lokalizacji przestrzennej.

Bazy te muszą zapewnić co najmniej:

- Obsługę geometrycznych baz danych, w tym odpowiedni zapis współrzędnych obiektów i zarządzanie tym układem

- Indeksowanie przestrzenne w celu efektywnego dostępu do danych
- Obsługę relacji przestrzennych – zapewnienie języka zapytań rozszerzonego o operatory przestrzenne i definiowanie wizeów integralności przestrzennej
- Wizualizację danych przestrzennych

Numeryczny model rzeźby terenu NMT

Jest numeryczną reprezentacją powierzchni ziemskiej, utworzoną przez zbiór punktów tej powierzchni oraz algorytmy aproksymacji jej położenia na podstawie współrzędnych x, y, z punktów.

Przy opracowaniu NMT należy uwzględnić:

Przebieg i strukturę linii ciekowych i grzbietowych

Linie nieciągłości (skarpy, urwiska)

Granice wyłączeń obszarów poziomych (budynki, zbiorniki wodne)

Granice wyłączeń obszarów o jednolitym spadku

Lokalne ekstrema i punkty charakterystyczne terenu

Dane do opracowania NMT pochodzą z różnych źródeł:

Pomiary terenowe bezpośrednie

Zdjęcia lotnicze i opracowania fotogrametryczne

Mapy topograficzne

Interferometria satelitarna

Lotniczy skaning laserowy

Do budowy NMT najczęściej stosowana jest technologia fotogrametryczna. Pomiaru dokonuje się na autografie analogowym, analitycznym lub cyfrowym. Na podstawie zdjęć lotniczych budowany jest model stereoskopowy, na którym wykonuje się stereo digitalizację powierzchni terenu. Autograf cyfrowy pozwala na dużą automatyzację pozyskiwania danych wysokościowych na podstawie korelacji obrazów tworzących stereoparę.

Do tworzenia NMT na obszarach zurbanizowanych lub zalesionych stosowana jest technologia kartograficzna, polegająca na wektoryzacji warstw na podstawie zeskanowanych diapozytywów map topograficznych.

Do szybkiej budowy NMT stosowany jest skaning laserowy, który jest niezależny od warunków oświetleniowych i pozwala na uzyskanie precyzyjnego modelu rzeźby terenu także dla obszarów o zwartej pokrywie roślinnej. Skaning laserowy umożliwia budowę modeli 3D zabudowy miejskiej. Jest to istotne przy analizach telekomunikacyjnych, planistycznych i transportowych. Cena opracowania metodą skaningu laserowego jest jednak wysoka.

Narzędzia GIS umożliwiają zapis NMT w 2 strukturach:

- regularnej prostokątnej siatki punktów GRID
- nieregularnej siatki trójkątów TIN (*Triangulated Irregular Network*).

Model TIN dzieli powierzchnie na obszary trójkątne, wierzchołki trójkątów są w punktach pomiarowych, zachowuje relacje topologiczne między formami rzeźby terenu, pozwala na uwzględnienie linii strukturalnych (linie grzbietowe i ciekowe).

Zmiana struktury modelu może nastąpić przez konwersję modelu TIN do struktury regularnej GRID.

Zalety modelu GRID

Prostota zapisu danych

Większa łatwość modelowania powierzchni (interpolacja wysokości, generowanie profili itp.)

Prowadzenie złożonych analiz przy pomocy języka MapAlgebra

Łatwość archiwizacji.

Model GRID zawiera jednak dane interpolowane – zniekształcone a nie oryginalne pomiarowe.

Generalizacja informacji geograficznych

Istotą generalizacji jest wybór rzeczy najważniejszych i ich celowe uogólnienie. Najistotniejszą cechą jest zachowanie podstawowej struktury i charakteru danych geograficznych.

Generalizacja interaktywna – wymaga specjalistycznej wiedzy i umiejętności stosowania

Generalizacja wsadowa – przez system komputerowy na podstawie predefiniowanej bazy reguł i parametrów.

Inny podział: generalizacja graficzna i generalizacja modelu.

Modele generalizacji: modele optymalizacyjne i modele oparte na technologii AGENT.
Generalizacja danych wektorowych i generalizacja danych rastrowych.

Analizy w GIS

SIG umożliwiają nie tylko gromadzenie i udostępnianie danych przestrzennych i ich atrybutów opisowych ale przede wszystkim ich przetwarzanie. Analiza informacji jest podstawowym celem budowy GIS. Umożliwia zrozumienie prawidłowości w przestrzennym rozmieszczeniu zjawisk, ich współzależności i ułatwia podejmowanie decyzji.

Analizy przestrzenne umożliwiają uzyskanie odpowiedzi na pytania typu: gdzie znajduje się, jaka jest zależność przestrzenna między obiektami, co zmieniło się od momentu itp.

Informacja może stać się podstawą wspomaganie decyzyjnego, np. przy inwestycjach.

Wyniki analiz zależą od przestrzennej lokalizacji obiektów a także od:

Dokładności geometrycznej i poziomu uogólnienia (skali) danych przestrzennych

Wiarygodności i kompletności atrybutów

Aktualności danych

Zastosowania procedur obliczeniowych i technologii GIS.

Analizy przestrzenne na podstawie danych rastrowych

Do analizy danych rastrowych stosuje się specjalistyczny język skryptowy MapAlgebra – algebra map. Język ten został zaimplementowany w większości profesjonalnych pakietów narzędziowych GIS i pozwala na wielokryterialne analizy przestrzenne danych rastrowych oraz określenie ich wzajemnych relacji.

Algebra map umożliwia wykonywanie 4 głównych typów transformacji danych rastrowych:

Operacje lokalne – porównanie atrybutów danego piksela z odpowiadającymi mu lokalizacyjnie cechami z innych warstw informacyjnych

Operacje zogniskowane – analiza sąsiedztwa danego piksela

Operacje globalne – wyznaczenie wartości całej grupy tematycznej, np. mediana, rozpiętość itp.

Operacje strefowe – analiza bloków pikseli o tych samych atrybutach, np. wybór wód powierzchniowych

Analizy przestrzenne na podstawie wektorowych

Analiza danych wektorowych jest przeprowadzana zwykle jako implementacja jednego z 4 algorytmów analitycznych

- Zapytania SQL wykorzystujące operatory przestrzenne
- Operacje polegające na sumowaniu, odejmowaniu i znajdowaniu części wspólnej kilku klas obiektów z agregacją lub dezagregacją danych opisowych
- Operacje buforowania obiektów w celu znalezienia ich stref oddziaływania
- Analizy sieciowe

Analiza GIS pozwala na wizualizację i modyfikację parametrów wejścia oraz śledzenie wyników. Dlatego GIS jest doskonałym narzędziem wspomaganie decyzyjnego.

Analizy z wykorzystaniem metod inteligencji obliczeniowej

W analizie ważne jest opracowanie systemu analitycznego, który łączyłby zalety subiektywizmu poznawczego użytkownika z automatyzacją procesu obliczeniowego. Budowa takiego systemu jest oparta na wykorzystaniu tzw. metod inteligencji obliczeniowej, a zwłaszcza technik uczenia maszynowego i eksploracyjnej analizy danych. przestrzennych. Rozwiązanie takie polega na przekazaniu wiedzy narzędziu cyfrowemu.

Wykorzystując wiedzę ekspercką, techniki SML i metody tzw. inteligencji obliczeniowej, można budować systemy eksperckie umożliwiające analizę danych przestrzennych nawet na podstawie nieprecyzyjnych reguł.

Wizualizacja danych w systemach GIS

W systemach informacji przestrzennej w odróżnieniu od innych systemów jest możliwość wizualizacji danych geograficznych w postaci mapy.

Wizualizacja na ekranie komputera lub w postaci wydruku komputerowego pozwala na uchwycenie zależności między obiektami i prezentację wyników analiz.

Prezentacje kartograficzne dzielą się na 2-wymiarowe i 3-wymiarowe.

Podczas wizualizacji występują najczęściej 3 modele danych: rastrowy, wektorowy i odmiana TIN

Prezentacje opierają się często jednocześnie na 3 modelach, co oznacza, że wyświetlany jest np. typowy obraz obiektów (np. drogi), obraz tonalny powierzchni terenu (zdjęcie lotnicze, satelitarne), powierzchnia ukształtowania rzeźby terenu lub innego zjawiska przestrzeni geograficznej.

Prezentacja kartograficzna na urządzeniach mobilnych wymaga uwzględnienia dodatkowych czynników jak mały obszar ekranu, problem oświetlenia słonecznego, zmieniający się szybko zasięg mapy itp.

Architektura systemów GIS

Rozwój SIP wiąże się ściśle z rozwojem informatyki.

Architektura systemu to projekt oprogramowania aplikacyjnego obejmującego m.in. protokoły, rozbudowę i współdziałanie z innymi programami.

W początkowej fazie dominowały rozwiązania typu **desktop GIS** – zamknięte jednostanowiskowe systemy informacji geograficznej. Dane nie były dzielone na geometryczne i opisowe, zapisywane były w jednym pliku binarnym.

Od końca lat 90. XX w. są tendencje do częściowego udostępniania danych z baz GIS za pośrednictwem Internetu. Dane były gromadzone na serwerze i udostępniane przez sieć użytkownikom na ich komputerach z zainstalowanymi narzędziami GIS.

Następnie rozwój polegał na lokalizowaniu na serwerze nie tylko danych przestrzennych ale i usług geoinformacyjnych, co pozwoliło na przetwarzanie informacji.

Na bazie rozwiązań klient-serwer powstało wiele systemów.

Początkowo była to architektura **2-warstwowa**, potem **3-warstwowa**

i **wielowarstwowa**. Docelowym etapem rozwoju jest powstanie sieci współdziałających ze sobą węzłów sieci informacji przestrzennej z wyróżnionym punktem dostępowym – **geoportalem**.

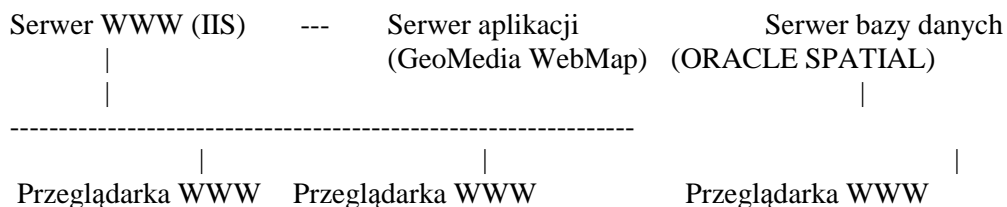
W **architekturze 2-warstwowej** klient-serwer występują: sieciowy serwer plików – dane graficzne oraz sieciowy serwer relacyjnej bazy danych – dane opisowe oraz komputery klienckie z oprogramowaniem GIS.

W **architekturze 3-warstwowej** występują 3 elementy: aplikacja tworząca interfejs użytkownika, serwer aplikacji oraz baza danych.

Klient systemu najczęściej obsługuje własny interfejs graficzny. Interakcje z serwerem bazy danych oraz główne obliczenia wykonuje serwer aplikacji, który udostępnia klientowi mechanizmy przetwarzania danych.

Bardziej zaawansowane rozwiązania o **architekturze wielowarstwowej** umożliwiają szeroką dystrybucję danych przestrzennych w Internecie za pomocą przeglądarki WWW, a serwerem aplikacji jest oprogramowanie do wizualizacji i analizy danych. Programy te łączą się z jedną lub kilkoma bazami danych. Baza ma najczęściej jednego klienta, którym jest serwer aplikacji, mimo, że z serwisu korzystać może wielu użytkowników.

Przykład architektury serwisu danych przestrzennych w Internecie:



Zalety GIS o architekturze wielowarstwowej w porównaniu do 2-warstwowej

- Niższy koszt udostępniania danych
- Intuicyjna obsługa
- Szerszy zasięg
- Możliwość administrowania rozproszonym systemem z jednego miejsca

- Rozdzielenie funkcji systemu na niezależne moduły (łatwa modernizacja)

Wady

- Ograniczenie możliwości operacji na danych
- Wydłużony czas oczekiwania
- Możliwość błędnego pozyskania danych

Architektura zorientowana na usługi sieciowe

Service-Oriented Architecture – paradygmat programowania, w którym system informatyczny jest traktowany jako zbiór luźno powiązanych usług sieciowych. Usługi umożliwiają wymianę danych między różnymi punktami sieci i możliwość współdziałania aplikacji.

W architekturze SOA jest możliwość rejestracji usług w serwisach katalogowych UDDI. Dostawcy usług rejestrują usługi UDDI w serwisie i podają dokładny ich opis w języku WSDL, co pozwala klientom na ich odszukanie. Po wyszukaniu usługi klienci mogą połączyć się bezpośrednio z jej dostawcą za pomocą protokołu SOAP.

Najważniejszymi standardami związanymi z serwisami sieciowymi są: XML, UDDI, WSDL, SOAP.

Architektura zorientowana na geoinformacyjne usługi sieciowe

Rozszerzenie architektury zorientowanej na usługi informacyjne o funkcje związane z informacją przestrzenną zostało zaproponowane przez konsorcjum OGC, które opublikowało standardy będące podstawą współczesnych systemów GIS.

OGC opracowało własne rozwiązanie implementacji usług sieciowych, bazujące na katalogach meta danych oraz geoinformacyjnych usługach sieciowych. Do podstawowych usług należy udostępnianie danych on-line w postaci rastrowej WMS i WCS oraz wektorowej WFS.

WCS - Web Coverage Services – protokół dostarczania rastrowych warstw informacyjnych, wykorzystujące technologię Web Services.

WMS – Web Map Services – specyfikacja implementacyjna OGC, określająca interfejs danych przestrzennych, oparty na protokole http. Serwer udostępnia dane przestrzenne w postaci obrazu graficznego jako rezultat wyjściowy w odpowiedzi na żądania klienta.

Serwer WMS powinien obsługiwać polecenia

GetCapabilities (opis informacji na serwerze), GetMap (mapa), GetFeatureInfo (dodatkowe informacje).

WFS – Web Feature Service. Udostępnia dane nie w postaci rastrowej jak WMS ale w postaci wektorowej w formacie GML.

Dzięki wykorzystaniu GML, klient może dowolnie manipulować danymi a nawet edytować dane na serwerze.

Serwer WFS powinien obsługiwać polecenia: GetCapabilities, DescribeFeatureType, GetFeatureInfo, Transaction, LockFeature.

Realizacja projektów GIS

Przy realizacji projektów GIS należy pamiętać o kilku zasadach

- Wdrażając system GIS należy dobrze zaplanować czas, założyć realistyczne terminy wykonania etapów projektu z uwzględnieniem czasu na wprowadzenie zmian i poprawek oraz ich akceptację (zwłaszcza projekt techniczny)
- Ważny jest problem ilości i jakości danych
- Konieczne zmiany organizacyjne jednostki muszą być zaakceptowane przez kierownictwo
- Konieczna jest silna determinacja i pozytywne nastawienie kierownictwa
- Przy analizie funkcjonalnej należy zachować umiar i rozsądek
- Należy wybierać rozwiązania sprawdzonych firm, jeśli środki finansowe i czas jest ograniczony
- Należy zawsze przeanalizować ryzyko niepowodzenia wdrożenia

Infrastruktura danych przestrzennych - SDI

Infrastruktura danych Przestrzennych - Spatial Data Infrastructure ma na celu ułatwienie dostępu w sieci Internet/Intranet do danych przestrzennych oraz optymalizację wykorzystania zasobów

(ograniczenie duplikowania danych i prac). Obecnie dzięki rozwojowi SDI i mobilnemu GIS, dane przestrzenne są coraz bardziej powszechne, podobnie jak telefon komórkowy.

Realizacja infrastruktury SDI koncentruje się na:

Budowie baz danych georeferencyjnych, stanowiących jednolite odniesienie przestrzenne do wszystkich systemów tematycznych

Tworzeniu baz meta danych, pozwalających efektywnie wyszukać w sieci interesujące dane i ocenić ich przydatność

Budowie geoportali – witryn internetowych, będących punktami dostępowymi do danych przestrzennych w Internecie

Interoperacyjności – zdolności łączenia danych i systemów w sposób uniezależniający od sprzętu i oprogramowania

Gdy w powszechnym użyciu były mapy analogowe oraz w początkowym stadium budowy SDI, poszczególne resorty, instytucje, firmy duplikowały część danych przy gromadzeniu informacji (np. GUGiK, IMGiW, PiG przy opracowaniu map dot. środowiska geograficznego).

Rzeczywistość pozwala obecnie integrować dane pochodzące z różnych źródeł.

Dane referencyjne

Położenie przestrzenne informacji najczęściej określa się przez podanie współrzędnych obiektów, np. długość i szerokość geograficzna lub x, y w określonym odwzorowaniu kartograficznym.

Nie jest to jedyny sposób. Może to być np. numer drogi i kilometrażu, adres, nr działki ewidencyjnej, kod pocztowy..

Dane referencyjne są zbiorem najważniejszych danych geoprzestrzennych, umożliwiających identyfikowanie innych danych lub obiektów.

Podstawowy zbiór danych obejmuje:

- Dane katastralne
- Dane topograficzne
- Podział terytorialny
- Nazwy geograficzne

Przy tworzeniu SDI ważne jest, by dane referencyjne były w zasobie głównym, były kompletne i aktualizowane.

Obiekt referencyjny powinien mieć jednoznaczny, jawny i stały identyfikator. Jest to często niepowtarzalna liczba nadawana przez system. Może to być też kilka atrybutów opisowych, np. nr działki i nr obrębu. Powinny one tworzyć niepowtarzalną kombinację w skali kraju.

Np. podstawowa baza danych brytyjskiej służby geodezyjno-kartograficznej – OS Master Map zawiera dane ponad 400 mln obiektów geograficznych ho niepowtarzalnych 16-cyfrowych identyfikatorach.

Katalogi metadanych

Metadane są informacjami o zbiorach danych, czyli charakterystykami zbiorów danych.

Pozwalają odpowiedzieć na pytania: co, kto, dlaczego, kiedy, jak.

Metadane pojawiły się, gdy zaczęto gromadzić duże zbiory danych, np. biblioteczne.

Metadane wykorzystywane w geodezji i kartografii mają o jedną składową więcej – informację o geograficznym odniesieniu opisywanych danych – dodatkowa odpowiedź na pytanie *gdzie?*

Bazy meta danych realizowane są w procesie tworzenia SDI jako tzw. serwery katalogowe lub serwery meta danych.

Metadane można podzielić na:

Metadane wyszukiwania

Metadane rozpoznania

Metadane stosowania

Geoportal

Geoportal to witryna internetowa zapewniająca dostęp do zasobów i usług związanych z danymi przestrzennymi, zwłaszcza usług przeglądania i wyszukiwania.

Biorąc pod uwagę zakres obszarowy prezentowanych danych, można mówić o geoportalu na poziomie centralnym – geoportal krajowy lub na poziomie regionalnym – geoportale powiatowe i geoportale miejskie/gminne.

GUGiK w marcu 2008 r. ogłosił konkurs na „Opracowanie koncepcji i rozwiązań technicznych (opracowanie systemów z wdrożeniem) w zakresie rozwoju Krajowej Infrastruktury Informacji Przestrzennej” z podziałem na trzy typy koncepcji.

GEOBID zdobył pierwsze miejsce w ramach koncepcji dla szczebla powiatowego, w wariantcie zakładającym wykorzystanie funkcjonujących systemów zarządzania danymi.

Podstawowa struktura SDI (Infrastruktury Danych Przestrzennych) zawiera serwery katalogowe oraz wiele komponentów.

Do najważniejszych komponentów SDI należą: bazy danych przestrzennych, usługi udostępniane (WMS, WFS, WCS), punkt dostępu do danych przestrzennych – **geoportal** oraz użytkownicy informacji przestrzennej.

Zadaniem geoportalu jest udostępnienie funkcji wyszukiwania, podglądu i dostępu do danych.

Współczesne geoportale są określane jako one-stop, ponieważ umożliwiają nie tylko wyszukanie informacji ale są też klientami usług WMS, WFS, WCS, co pozwala to na podgląd danych (bez opuszczania geoportalu).

Przykłady geoportali: w USA www.geodata.gov, Francja: www.geoportail.fr,

w Polsce www.geoportal.pl.

Architektura SDI obejmuje również rejestr serwerów katalogowych oraz tzw. **gazeter**. Rejestr serwerów zawiera informacje o katalogach meta danych, do których wysyłane są zapytania złożone do geoportalu. Gazeter ma za zadanie zapewnić funkcjonalność geoportalowi, umożliwiającą wyszukanie obiektów wg nazw.