

MAREK BARANOWSKI

2. ZARYS PROBLEMATYKI SYSTEMÓW INFORMACJI PRZESTRZENNEJ W KONTEKŚCIE INFRASTRUKTUR GEOINFORMACYJNYCH

2.1. Wprowadzenie

Celem niniejszego rozdziału jest przedstawienie problematyki systemu informacji przestrzennej poprzez jego moduły funkcjonalne, jak również poprzez pryzmat rozwiązań organizacyjnych, powiązań z modelowaniem geoinformacyjnym, z jednoczesnym nawiązaniem do powstających infrastruktur informacji przestrzennej. Problematyka systemu informacji przestrzennej po bez mała pięćdziesięciu latach rozwoju systemów informacji geograficznej stała się tak obszerna, że zwykle opisywana jest w wielotomowych podręcznikach i przedstawiana podczas 120 lub 60-godzinnych wykładów. Odniesienie się do tak szerokiej dziedziny wiedzy i praktyki w ramach jednego rozdziału skryptu musi nosić charakter bardzo skrótowy i przeglądowy. Dlatego też celowym jest rozszerzenie przedstawionej tutaj wiedzy poprzez lekturę licznych podręczników, w tym dostępnych w języku polskim. Wybrana literatura przedmiotu została wyszczególniona na końcu niniejszego rozdziału.

Wiele dyskusji i licznych interpretacji budzi sam termin „system informacji przestrzennej”. Definicja z 1992 r. (Baranowski, 1992) nadal zdaje się aktualną. Brzmi ona następująco: „system informacji przestrzennej jest to system pozyskiwania, gromadzenia, przetwarzania, analizowania i prezentacji danych odniesionych do Ziemi”. W uzupełnieniu tej definicji należałoby dodać, że dane te opisują obserwowane w przestrzeni geograficznej zjawiska, procesy, obiekty i ich struktury, jak góry, lasy, miasta, drogi, sieć hydrograficzną, rzeźbę, rozmieszczenie ludności, itp. Dane te nazywamy przestrzennymi (lub geograficznymi) ponieważ opisują kształt i położenie obiektów przestrzennych (zwane tutaj danymi geometrycznymi) oraz ich charakterystykę (zwaną danymi opisowymi). Niektórzy autorzy pod nazwą „dane przestrzenne” rozumieją jedynie aspekt geometryczny tych danych, ale w świetle rozwoju modelowania geoinformacyjnego ten zawężony sposób pojmowania tego terminu należy dzisiaj już do rzadkości.

Innym pojęciem związanym z „systemem informacji przestrzennej jest „geomatyka”. Zgodnie z definicją z 2000 r. (Baranowski, 2000) jest to „dyscyplina naukowa i techniczna, której przedmiotem są metody i techniki związane

z pozyskiwaniem, gromadzeniem, przetwarzaniem, analizą i udostępnieniem szeroko rozumianej geoinformacji”. Wspólne rozpatrywanie tych terminów prowadzi do wniosku, że dyscypliną naukową badającą i rozwijającą systemy informacji przestrzennej jest właśnie geomatyka.

Liczne terminy stosowane do określenia dyscypliny związanej z geoinformacją mogą budzić wątpliwości, co do ich istoty, a czasem i zasadności używania. Rozwój tej dyscypliny jest jednym z czynników mnożenia terminów. Z uwagi na ramy niniejszego rozdziału skupiono się jedynie na czterech często spotykanych skrótach terminów: GIS, SIP, SDI, IIP.

Dwa z nich pochodzą od anglojęzycznej wersji terminów, a mianowicie **GIS** (Geographic Information System) oraz **SDI** (Spatial Data Infrastructure). Pozostałe dwa stosowane są w brzmieniu języka polskiego – **SIP** (System Informacji Przestrzennej) oraz **IIP** (Infrastruktura Informacji Przestrzennej). GIS i SDI mimo obcego pochodzenia, stały się skrótami zdomowionymi w naszej literaturze krajowej, podobnie jak GSM czy GPS. Stosowane terminy związane z geoinformacją wymieniono w kolejności ich powstawania. Pomimo znaczącego ich nakładania się na siebie każdy termin akcentuje pewien aspekt lub aspekty wiedzy o geoinformacji oraz obszarów jej zastosowań. GIS obecnie najczęściej jest stosowany jako nazwa technologii informatycznej, choć rodowód tego terminu związany jest z obszarem całej dziedziny. Mianem SIP zwykliśmy określać konkretny system użytkowy, a więc odnosi się on zwykle do praktycznej sfery zastosowań geoinformacji i metod, technik oraz technologii z nią związanych. Z kolei SDI jest terminem odnoszącym się do całej problematyki infrastruktur informacji przestrzennej, choć ostatnio częściej używamy go, kiedy mówimy o całej sferze technicznej procesów wymiany danych przestrzennych. Ostatni z wyżej wymienionych terminów – IIP ma niewątpliwie szerszy charakter i obecnie stosowany jest zazwyczaj w kontekście uregulowań prawnych w Europie i w naszym kraju, a posługiwanie się nim w literaturze przedmiotu służy przeważnie rozważaniom akcentującym dążenie do stanu interoperacyjności.

2.2. Cele i struktura funkcjonalna SIP

Określenie celów systemu informacji przestrzennej można sprowadzić do następujących pięciu podstawowych (Baranowski, 1992):

- tworzenie zasobów informacji o przestrzeni geograficznej (pierwotnej i wtórnej),
- wspomaganie procesów decyzyjnych (zarządzanie),
- wspomaganie procesów poznawczych (badania),
- wspomaganie procesów nauczania (edukacja),
- wspomaganie rozpowszechniania informacji.

Użytkownicy SIP oczekują od pakietów oprogramowania GIS pomocy w uzyskaniu odpowiedzi na następujące pytania:

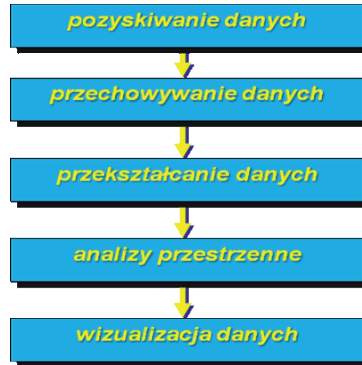
- Co znajduje się w danym miejscu?
 - pakiet GIS spełnia wtedy funkcję podobną do tej, jaką daje nam mapa – na ekranie monitora wyświetlamy mapę stosującą określony zestaw znaków kartograficznych, a wskazując konkretny obiekt możemy uzyskać dodatkowe informacje o nim oraz jego otoczeniu;
- Gdzie znajduje się dany obiekt?
 - zdefiniowanie parametrów (wartości atrybutów) wybranych typów obiektów lub zjawisk przestrzennych oraz zestawienie ich w mniej lub bardziej złożonym pytaniu logicznym pozwala na wysłanie do pakietu GIS zapytania uruchamiającego proces wyszukiwania w bazie danych przestrzennych tych obiektów i zjawisk, które spełniają założone warunki, a następnie pokazanie ich położenia;
- Co zmieniło się na danym terenie?
 - to pytanie wymaga dysponowania zapisem stanu przestrzeni geograficznej w kilku punktach (lub przedziałach) czasowych, co pozwoli na porównanie tych stanów i detekcję zmian;
- Jaki będzie stan obiektów i zjawisk po upływie odcinka czasu?
 - dzięki możliwości zapisania, w sposób sformalizowany, wyników modelowania procesów, jakim mogą podlegać określone obiekty i/lub zjawiska przestrzenne, a także dzięki ich powiązaniu z odpowiednio skonstruowaną bazą danych przestrzennych można dokonać – za pomocą odpowiedniego pakietu GIS – symulacji przyszłego lub teoretycznego stanu przestrzeni zapisanej w zmodyfikowanej bazie tego typu.

W typowym SIP możemy wyróżnić pięć komponentów, których spójne działanie gwarantuje realizację, co najmniej jednego z wyżej wymienionych celów SIP. Poniższa rycina ilustruje to graficznie.



Ryc. 1. Składowe SIP

Procesy szeroko rozumianego przetwarzania danych w systemie informacji przestrzennej można pogrupować w tzw. moduły funkcjonalne. Na użytek tego rozdziału wyróżniono pięć takich modułów.



Ryc. 2. Moduły funkcjonalne SIP

Kolejne podrozdziały odzwierciedlają powyżej przedstawiony podział funkcjonalny SIP. Zazwyczaj pakiety oprogramowania GIS posiadają wszystkie te moduły, wypełnione specjalistycznymi funkcjami podstawowymi.

2.3. Pozyskiwanie danych przestrzennych

Podobnie jak każdy system informacyjny, SIP korzysta z określonych źródeł danych oraz stosuje specjalistyczne techniki pozyskiwania danych. Wyróżnikiem źródeł danych dla SIP jest to, że dostarczają one zazwyczaj informację o położeniu i kształcie obiektów (choć nie tylko) lub też informację, która jest odniesiona do obiektów przestrzennych. Do najczęściej stosowanych należą następujące rodzaje źródeł danych:

- mapy (topograficzne i tematyczne),
- obrazy satelitarne,
- zdjęcia lotnicze,
- wyniki pomiarów geodezyjnych,
- sygnały z satelity (GPS),
- wyniki pomiarów specjalistycznych,
- rejestry danych statystycznych i zestawienia tabelaryczne,
- systemy informacyjne i bazy danych.

Każde z tych źródeł jest powiązane z określoną techniką pozyskiwania danych, która często służy do przekształcenia jednej formy reprezentacji informacji na uporządkowany zapis cyfrowy, czytelny dla danego systemu przetwarzania danych. Wśród technik pozyskiwania danych w systemach informacji przestrzennej wyróżnia się następujące:

- digitalizacja map,
- skanowanie map, wektoryzacja,

- przetwarzanie obrazów,
- stereodigitalizacja,
- pomiar geodezyjny,
- GPS,
- konwersje danych.

Do niedawna jednym z podstawowych źródeł danych w GIS były mapy. Ich rola jako źródła danych znacznie się zmniejszyła, głównie z powodu przekształcenia już większości tzw. „map papierowych” na postać cyfrową. Dlatego też techniki przekształcenia postaci graficznej na numeryczną jakimi są digitalizacja i skanowanie (map, w szczególności) są coraz rzadziej stosowane, a tak specjalistyczne i drogie urządzenia jak digimetry ustąpiły miejsca znacznie tańszemu obecnie skanerom, które dostarczają amorficzny obraz dokumentu graficznego poddawanego następnie obróbce drogą digitalizacji ekranowej lub automatycznej wektoryzacji.

W procesach aktualizacji baz danych przestrzennych, ale również podczas pozyskiwania danych przeważają dzisiaj techniki przetwarzania zdjęć (najczęściej już cyfrowych). Dotyczy to zarówno obrazów satelitarnych, z których wydobywamy dane za pomocą metod teledetekcyjnych i technik przetwarzania obrazów, jak też zdjęć lotniczych poddawanych obróbce za pomocą metod i technik fotogrametrii cyfrowej (w tym stereodigitalizacji).

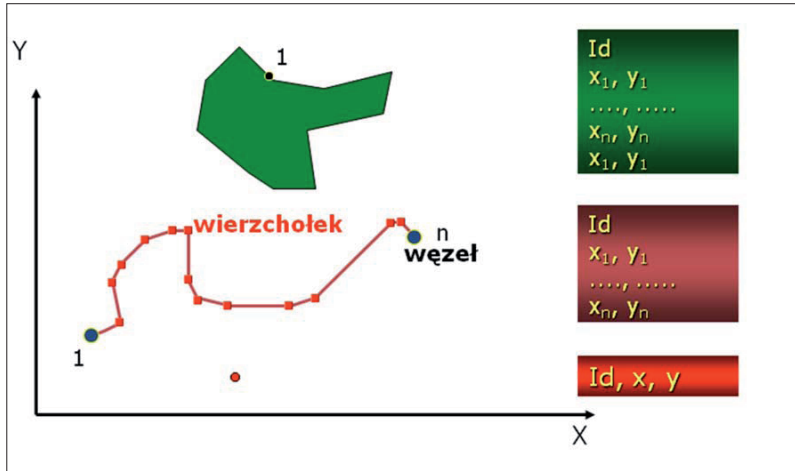
2.4. Modele danych przestrzennych

Informację o obiektach i zjawiskach przestrzennych poddaje się procesowi modelowania przed zapisaniem do docelowej struktury informacyjnej, jaką może być przykładowo baza danych przestrzennych. W zależności od zastosowań, jak również stopnia złożoności i charakteru grup obiektów i zjawisk przestrzennych można stosować jeden z niżej wymienionych modeli danych przestrzennych:

- modele proste: CAD, graficzny i obrazowy,
- model wektorowy,
- model rastrowy,
- model siatkowy nieregularny,
- model siatkowy regularny (macierzowy),
- model sieciowy,
- model obiektowy.

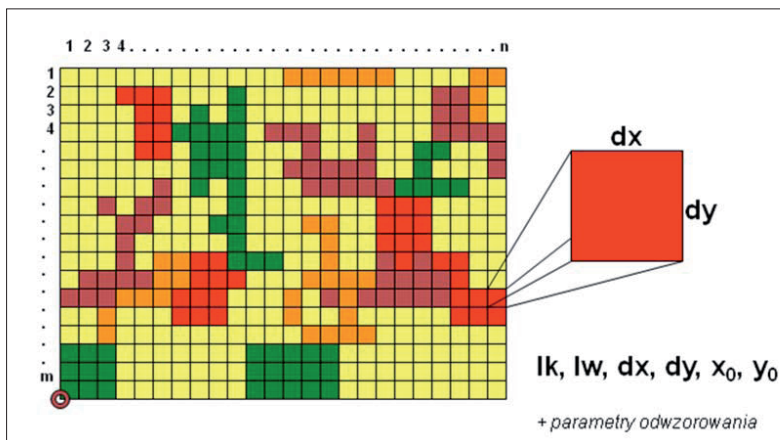
Pierwsza grupa modeli była stosowana w początkowym okresie rozwoju technologii geoinformacyjnych. Zasadzała się ona na istniejących rozwiązaniach wykorzystywanych w innych obszarach zastosowań informatyki, takich jak projektowanie wspomaganie komputerowo (CAD), grafika wektorowa oraz przetwarzanie obrazu. Dopiero model wektorowy danych przestrzennych stanowił pierwsze rozwiązanie stymulowane rozwojem GIS i dostosowane do jego potrzeb. Poniższa rycina (Baranowski, 1992) przedstawia główne elementy pro-

ste tego modelu, jakimi są punkty, linie i wieloboki (ryc. 3). Zazwyczaj są one ujęte w pewne związki przestrzenne tworzące topologię, a więc układ powiązań pozwalający na spójny zapis tych elementów oraz na prowadzenie złożonych analiz przestrzennych. W większości pakietów GIS elementy te są uzupełnione takim typem elementu prostego, jakim są napisy lokalizowane.



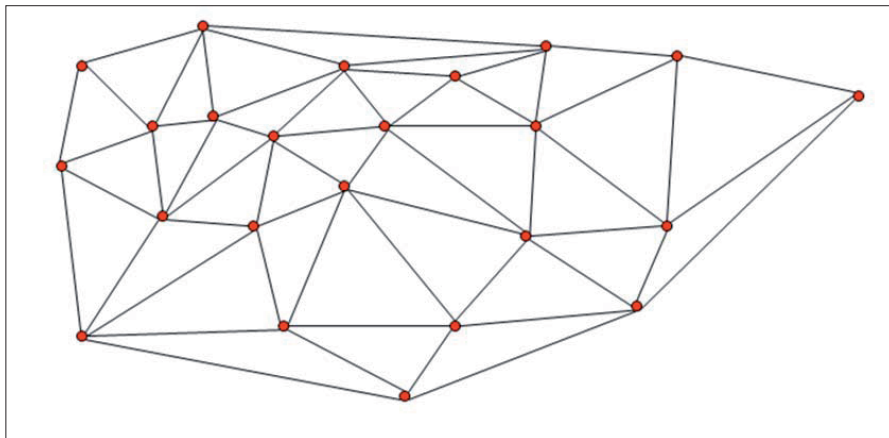
Ryc. 3. Model wektorowy danych przestrzennych
Źródło: M. Baranowski, 1992

Kolejna rycina ilustruje konstrukcję modelu rastrowego, polegającą na opisie przestrzeni poprzez uporządkowany zestaw pól podstawowych zwanych pikselami (od angielskiego „Picture element” – piel).



Ryc. 4. Model rastrowy danych przestrzennych
Źródło: M. Baranowski, 1992

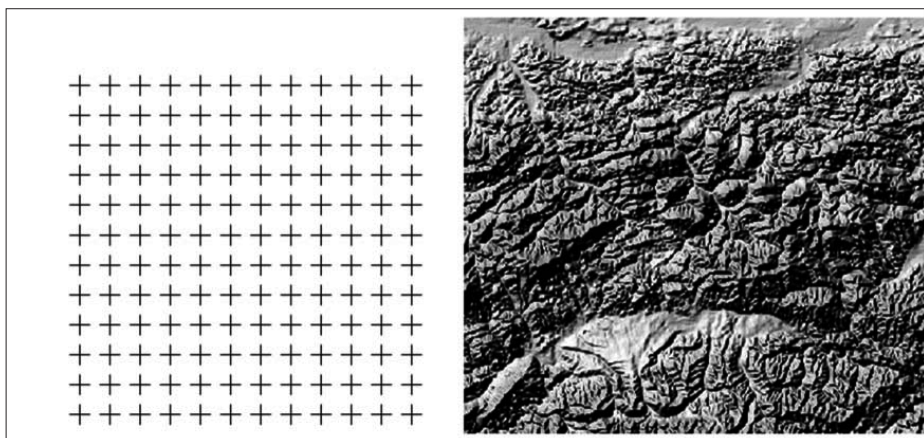
Przestrzenie trójwymiarowe opisywane są najczęściej za pomocą modeli siatkowych. Pierwszy z nich – model siatkowy nieregularny zwany „nieregularną siatką trójkątów” (Triangulated Irregular Network – TIN) powstaje w wyniku połączenia najkrótszymi odcinkami prostej rozproszonych punktów reprezentujących konkretną wartość danego zjawiska (np. wysokość terenu) (ryc. 5).



Ryc. 5. Model siatkowy nieregularny (TIN)

Źródło: M. Baranowski, 1992

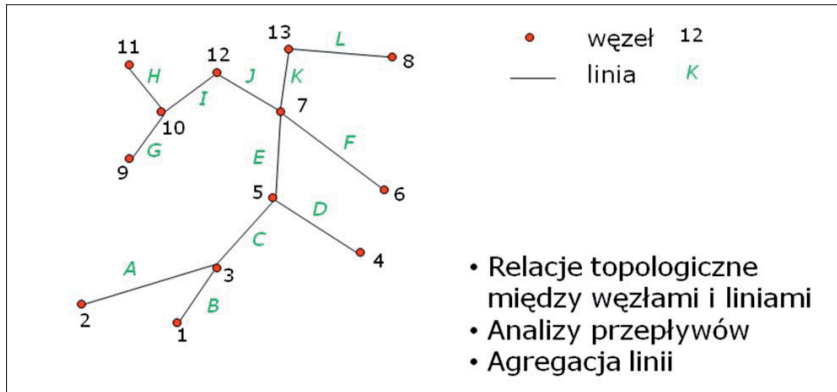
Może on podlegać różnym przekształceniom i stanowić podstawę specjalizowanych analiz przestrzennych. Niekiedy służy on za podstawę generowania regularnego modelu siatkowego, który przybiera postać macierzy, najczęściej kwadratów, z określoną wartością zjawiska w ich wierzchołkach. Jedną z form wizualizacji takiego modelu są mapy cieniowane (ryc. 6).



Ryc. 6. Model siatkowy regularny

Źródło: M. Baranowski, 1992

Występujące w rzeczywistości obiekty tworzące strukturę sieci, takie jak sieć hydrograficzna czy sieć ulic opisywane są zazwyczaj za pomocą modelu sieciowego, zawierającego powiązania topologiczne pomiędzy węzłami sieci i liniami biegnącymi między tymi węzłami (ryc. 7).

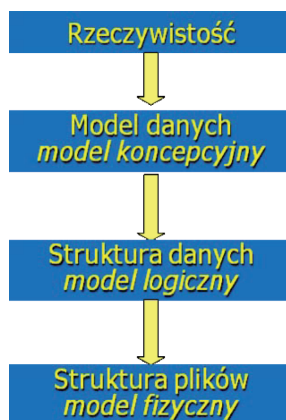


Ryc. 7. Model sieciowy
Źródło: M. Baranowski, 1992

We współczesnych pakietach oprogramowania GIS występują również obiektowe modele danych przestrzennych. Tworzą je klasy obiektów przestrzennych o określonych właściwościach i powiązane ze sobą relacjami. Każda klasa obiektu przestrzennego stowarzyszona jest z atrybutami danego typu obiektu przestrzennego. Ponadto występują różne poziomy agregacji klas obiektów z zastosowaniem dziedziczenia cech i struktur obiektów prostszych w obiektach bardziej złożonych.

2.5. Organizacja przechowywania danych przestrzennych

W procesie tworzenia struktur danych opisujących daną rzeczywistość (w SIP będzie nią przestrzeń geograficzna) wyróżniamy cztery poziomy abstrakcji danych (ryc. 8). W systemach informacyjnych owe struktury określamy różnymi nazwami grup danych, takimi jak bank danych, baza danych, ewidencja, lista, rejestr, zbiór danych, itp. W SIP mamy najczęściej do czynienia z bazami danych przestrzennych oraz zbiorami danych przestrzennych. „Baza danych przestrzennych” jest powszechnie używanym terminem do określenia formy przechowywania danych przestrzennych. Jednakże pojęciem szerszym i coraz częściej używanym jest „zbiór danych przestrzennych”, którego stosowanie w odniesieniu do zasobów internetowych wydaje się bardziej adekwatnym, szczególnie przy wymianie danych. Ten drugi termin jest pojęciem szerszym (obejmującym grupę danych określanych pierwszym z tych terminów) i ma szczególne zastosowanie w modelowaniu geoinformacyjnym i w infrastrukturach informacji przestrzennej.



Ryc. 8. Poziomy abstrakcji danych

Pojęcie „baza danych” jest różnie definiowane. Warto przytoczyć trzy uzupełniające się definicje. Pierwsza brzmi następująco: „baza danych jest to struktura informacyjna uporządkowana w sposób uwzględniający realizowane funkcje” (Baranowski, 1992). Druga określa bazę danych, jako „zbiór danych w postaci tabel wraz z narzędziami stosowanymi do gromadzenia, przekształcania oraz wyszukiwania danych.” Inne znaczenie pojęcia baza danych akcentuje następująca definicja: „zbiór danych zapisanych w ściśle określony sposób w strukturach odpowiadających założonemu modelowi danych.”

Baza danych w systemach informacyjnych składa się z danych oraz programu komputerowego wyspecjalizowanego do gromadzenia i przetwarzania tych danych. Program taki (lub zestaw programów) nazywany jest „systemem zarządzania bazą danych” (Database management system). Ponieważ „system zarządzania bazą danych” jest niewygodny w użyciu, to często samo oprogramowanie nazywa się również „bazą danych”. Bazy danych operują głównie na danych tekstowych i liczbowych, lecz większość współczesnych baz umożliwia przechowywanie danych binarnych typu: grafika, muzyka i innych multimedialnych.

Ze względu na ich budowę wyróżniamy pięć podstawowych typów baz danych:

- relacyjne bazy danych (Codd, 1970),
- hierarchiczne bazy danych,
- sieciowe bazy danych,
- obiektowe bazy danych,
- obiektowo-relacyjne bazy danych.

Wśród wymienionych powyżej relacyjna baza danych dominuje w zastosowaniach komercyjnych: ok. 95% rynku baz danych. W ostatnich latach coraz więcej nowotworzonych baz danych opiera się na architekturze obiektowo-relacyjnej. Inny podział baz danych stosowany jest w odniesieniu do sposobu

zarządzania nimi i obejmuje dwie kategorie: operacyjne bazy danych i analityczne bazy danych. Pierwsze z nich są wykorzystywane wszędzie tam, gdzie istnieje potrzeba nie tylko na gromadzenie danych, ale również na możliwość ich modyfikowania. Ten typ baz przechowuje dane dynamiczne, tzn. takie, które ulegają ciągłym zmianom i przedstawiają aktualny stan rzeczy. Typowym przykładem takiej bazy jest baza ewidencji gruntów i budynków. Natomiast analityczne bazy danych są wykorzystywane przede wszystkim do przechowywania danych historycznych i informacji związanych z pewnymi wydarzeniami. Są to dane, które nie wymagają modyfikowania, są one statyczne tzn. bardzo rzadko, lub w ogóle nie ulegają zmianom. Przykładem takiej bazy są np. bazy gromadzące wyniki pomiarów lub opisujące zjawiska wolnozmiennie.

Bazy danych przestrzennych różnią się od baz danych ogólnego zastosowania tym, że przechowują dane o kształcie i położeniu obiektów przestrzennych wraz z ich charakterystykami. Te pierwsze często nazywane są danymi geometrycznymi, a drugie – opisowymi. W tego typu nowoczesnych bazach dane geometryczne i opisowe są traktowane w podobny sposób, jako atrybuty danego obiektu przestrzennego, z tym że proces przetwarzania tych pierwszych wymaga specjalistycznych procedur odmiennych od wszystkich innych danych atrybutowych. Warto nadmienić, że systemy zarządzania bazą danych w odniesieniu do baz danych przestrzennych stosują system zapytań (Structured Query Language – SQL) wyposażony w operatory przestrzenne, stosunkowo niedawno wprowadzone do klasycznego SQL.

W SIP podobnie jak w innych systemach informacyjnych najbardziej efektywną formą przechowywania danych są bazy danych, choć stosowane są również inne formy grupowania danych, takie jak bank danych, ewidencja, lista, rejestr, zbiór danych, itp. W systemach informacji przestrzennej istotną rolę spełnia inna grupa danych nazywana „warstwą informacyjną”. Warstwa informacyjna stanowi spójną grupę danych opisujących obiekty lub zjawiska jednakowo definiowane. W modelowaniu geoinformacyjnym odpowiednikiem warstwy jest klasa obiektów. Przykładem warstwy informacyjnej są drogi, ciekі wodne, miejscowości, itp. Na użytek modelowania stosuje się również inny termin – „nakładka”, rozumiany, jako warstwa informacyjna odniesiona do określonego zasięgu geograficznego.

Coraz istotniejsze miejsce w operacyjnych SIP zajmują rozwiązania zwane wielorozdzielczymi/wieloreprezentacyjnymi bazami danych (MultiResolution/multirepresentation DataBase – MRDB). Są one bazami danych przestrzennych, które przechowują opis tego samego obiektu świata rzeczywistego na różnym poziomie precyzji, dokładności i rozdzielczości (Devogele, 1996; Weibel, 1999). W takiej bazie te różne reprezentacje są ze sobą powiązane, a forma ich opisu zależy od poziomu skalowego prezentacji, zastosowań i rozdzielczości. Różnice te mają wpływ zarówno na geometrię, jak i semantykę tych obiektów. Na ich postać może mieć również wpływ grafika zastosowana przy wizualizacji danych.

2.6. Przekształcanie danych przestrzennych

Procesy przekształcania danych przestrzennych stanowią grupę przetworzeń danych przestrzennych realizowanych w celu dostosowania struktur i sposobu organizacji zasobów danych przestrzennych do różnorodnych zastosowań. Dotyczą one takich obszarów przekształceń, jak:

- transformacje układów współrzędnych (pomiędzy różnymi odwzorowaniami),
- przetwarzanie arkuszowe (w tym dzielenie zbiorów na arkusze, łączenie arkuszy, uzgadnianie styków);
- przekształcenia danych wektorowych (łączenie wieloboków podobnych, selekcja wieloboków, linii, punktów, upraszczanie kształtu, wygładzanie linii);
- przekształcenia danych rastrowych (skręcanie układu rastrów, agregacja i zagęszczanie rastrów, konwersje wektorowo-rastrowe);
- tworzenie topologii (budowanie relacji topologicznych pod kątem przewidywanych zastosowań; np. wieloboki i linie czy sieci);
- indeksowanie baz danych przestrzennych (tworzenie struktur danych przyspieszających wyszukiwanie);
- poprawianie danych (proces interaktywnego wprowadzania zmian w bazie danych przestrzennych celem eliminowania błędów lub aktualizacji bazy),
- przekształcanie schematów aplikacyjnych zbiorów danych przestrzennych pochodzących z jednego SIP na schematy aplikacyjne innych środowisk systemowych.

2.7. Analizy przestrzenne

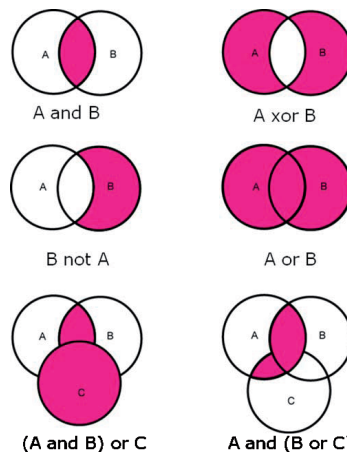
Analizy przestrzenne stanowią najistotniejszy moduł funkcjonalny GIS, którego celem jest analityczne i kreatywne przetworzenie danych przestrzennych prowadzące do powstania nowych danych i informacji użytecznych we wnioskowaniu i podejmowaniu decyzji. Dzięki zastosowanym metodom analiz przestrzennych użytkownik może wydobyć z posiadanych danych niedostępną bez tych analiz informację o stosunkach istniejących i zachodzących między obiektami i zjawiskami przestrzennymi. Co więcej, może również zidentyfikować procesy zachodzące w czasie i przestrzeni, a także modelować ich przebieg. Cechą charakterystyczną metod analiz przestrzennych odróżniającą je od innych przetworzeń w systemach informacyjnych jest to, że na otrzymany wynik ich działania zasadniczy wpływ ma położenie obiektów i zjawisk w przestrzeni geograficznej.

Różni autorzy wprowadzają pewne klasyfikacje metod analiz przestrzennych. Pomimo znaczących różnic w podejściu do tego typu procesu porządkowania tych metod, większość badaczy, ale także twórców użytkowych pakietów GIS wyróżnia następujące podstawowe metody analiz przestrzennych:

- pomiary:
 - odległości, długości, powierzchni;

- buforowanie (tworzenie ekwidystant wokół punktów, linii, wieloboków);
- nakładanie warstw (grup obiektów), związane z:
 - kompilowaniem różnych typów warstw,
 - dopasowaniem geometrii warstw,
 - przetwarzaniem ślizgających się wieloboków,
 - dokonaniem reklasyfikacji,
 - tworzeniem nowych obiektów,
 - selekcją podzbiorów obiektów,
 - badaniem sąsiedztwa,
 - łączeniem obiektów podobnych,
 - krzyżowymi analizami atrybutów i ich modyfikacją;
- obliczenia statystyczne (suma obiektów, suma powierzchni, suma długości, złożone analizy statystyczne, selekcja obiektów o założonych kombinacjach cech);
- analizy sieci (optymalizacja i obliczenia tras, przepływów, natężeń, itp.);
- łączenie analiz z modelowaniem zjawisk i procesów (wprowadzanie reguł z modeli zjawisk do procesu analizy przestrzennej, symulacja stanów przyszłych, scenariusze, weryfikacja i wypracowywanie modeli poprzez zastosowanie analiz przestrzennych, rozpoznawanie kształtów, zastosowanie sztucznej inteligencji).

Procesom nakładania warstw informacyjnych towarzyszy cały szereg procedur porządkujących niezbędnych do wydobycia nowej informacji. Większość z nich została wymieniona wyżej pod sekcją „Nakładanie warstw ...”. Przy wielu z nich niezbędne jest posługiwanie się operatorami logicznymi, które pozwalają na wyodrębnienie nowych grup obiektów i zjawisk przestrzennych. Poniższa rycina ilustruje zastosowanie takich operatorów w następstwie nakładania warstw informacyjnych.



Ryc. 9. Rodzaje operacji logicznych

2.8. Geowizualizacja i udostępnianie danych

„Geowizualizacja stanowi relatywnie nowy obszar badań, należący do geomatyki. Jak łatwo zauważyć termin ten posiada dwie składowe: geo oraz wizualizacja, co wskazuje na powiązanie metod wizualizacji z obszarem obiektów, zjawisk i procesów obserwowanych i zachodzących na Ziemi. Geowizualizacją będziemy nazywali obszar badań zajmujących się teorią, metodami i rozwiązaniami technicznymi wizualnego poznania, analizy, syntezy i prezentacji danych przestrzennych. Celem geowizualizacji jest również wspomaganie procesu budowania wiedzy poprzez wypracowywanie technik i rozwiązań technologicznych pozwalających na wizualną interakcję użytkownika z dostępnymi danymi i prezentowanie tych ostatnich w formie graficznych modeli rzeczywistości odniesionych przestrzennie.” (Baranowski, 2007).

Najbardziej rozpowszechnionym, a jednocześnie najstarszym i nadal najbardziej wszechstronnym modelem rzeczywistości jest mapa. Do niedawna była ona jedyną efektywną formą przekazu złożonych relacji przestrzennych między obiektami i zjawiskami. Jest ona przedmiotem dyscypliny naukowej zwanej kartografią, która w ostatnich trzydziestu latach przeżywa wiele wyzwań stwarzanych przez nowoczesne technologie (Baranowski, 2007). W dobie systemów geoinformacyjnych przybiera ona różną postać, a zakres wykorzystania tzw. „map papierowych” ulega znaczącej redukcji. Wersja elektroniczna map i produktów mapopochodnych oraz mapopodobnych znajduje coraz to nowe pola zastosowań, a użytkownicy takich form geowizualizacji nie mają już potrzeby sięgania do „map papierowych”. Jednym z tego powodów jest wysoka jakość map ekranowych, a także szybkość ich generowania, z jednoczesną możliwością interaktywnego dostosowania ich formy, zawartości i skali do aktualnych potrzeb odbiorcy.

Nowe formy prezentacji poszerzające różnorodność ujęć graficznych, zwiększają także zakres i łatwość percepcji w przekazie informacji. W przypadku tradycyjnych map napotykalibyśmy bariery ich użytkowania związane ze stałością skali, a także trudnościami wizualizacji trzeciego i czwartego (czasu) wymiaru. Nowoczesne formy geowizualizacji pozwalają na pokonanie tych trzech barier poprzez wielorozdzielcze i wieloreprezentacyjne bazy danych przestrzennych (łagodne zmienianie skali prezentacji obiektów i zjawisk), rzeczywistość wirtualną (uzyskiwanie wrażenia trójwymiarowości prezentacji), oraz poprzez animacje (prezentacje zmienności przestrzeni geograficznej w czasie) (ryc. 10).

Inna technika geowizualizacji zwana „rozszerzoną rzeczywistością” (ryc. 11) pozwala na łączenie świata realnego z generowanym komputerowo, w tym z rzeczywistością wirtualną. Wykorzystywane są przy tym urządzenia, zazwyczaj urządzenia mobilne (telefony komórkowe lub smartfony) wyposażone w kamery wideo, dzięki którym obraz przestrzeni geograficznej jest wyświetlany na ekranie tego urządzenia, a następnie uzupełniany jest przez elementy

graficzne i opisy tekstowe generowane z dostępnej bazy danych przestrzennych. Powstaje przy tym system informacyjny dostawiający strumień wcześniej zgromadzonych danych do aktualnego miejsca przebywania użytkownika i podpowiadający mu, co on w danym momencie widzi.

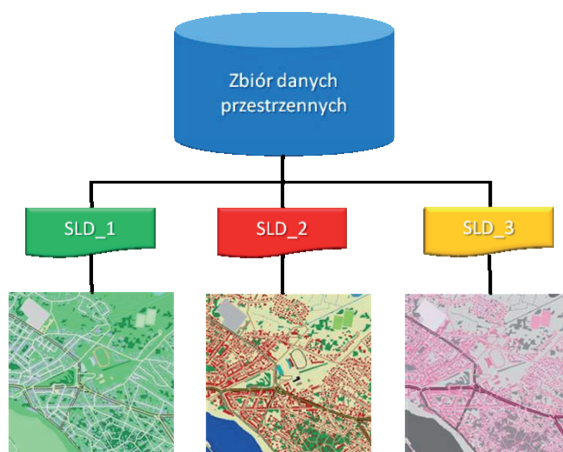


Ryc. 10. Przykład rzeczywistości wirtualnej (© Google)



Ryc. 11. Istota działania rozszerzonej rzeczywistości (© Google)

Kolejny przykład rozwoju metod i technik geowizualizacyjnych stanowi rozwiązanie normalizujące wizualizację danych przestrzennych wykorzystujące tzw. schemat SLD (Styled Layer Descriptor). Służy on do zdefiniowania swojego rodzaju legendy mapy, pełniącej rolę filtra, poprzez który dane przestrzenne wyposażane są w grafikę wyświetlaną w formie mapy. Sposób działania schematu SLD prezentuje poniższa rycina.



Ryc. 12. Działanie schematu Styled Layer Descriptor (SLD)

2.9. Techniczne środowisko funkcjonowania SIP

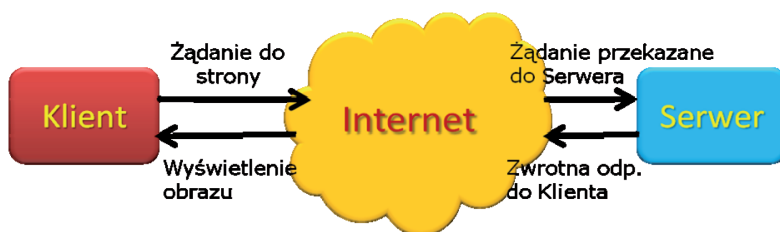
Systemy informacji przestrzennej mogą być stosowane z wykorzystaniem technologii informatycznej dzięki rozwojowi zaawansowanych rozwiązań technicznych i ich implementacji w szeroko rozumianych procesach przetwarzania geoinformacyjnego. Przez wiele lat swojego rodzaju siłą napędową rozwoju SIP były pakiety oprogramowania narzędziowego GIS dostarczane przez wiodące w tym zakresie firmy software'owe. Pakiety te składają się z modułów realizujących określone grupy przetworzeń i najczęściej powiązane są z profesjonalnymi systemami zarządzania bazą danych. Oprogramowanie tego typu osiągnęło dzisiaj bardzo wysoki stopień złożoności, przerastający możliwości bezpośredniego wykorzystania przez użytkowników końcowych. Dla nich właśnie wyspecjalizowane firmy przygotowują oprogramowania aplikacyjne dostosowane do konkretnych zastosowań.

Oprogramowania narzędziowe i aplikacyjne GIS mają zazwyczaj charakter rozwiązań desktopowych, a więc przystosowanych do pracy jednego użytkownika, korzystającego najczęściej z lokalnego serwera danych. Od kilku lat dynamicznie rośnie liczba rozwiązań sieciowych, które wykorzystują dobrodziejstwa Internetu. Przejawem tych nowych podejść technicznych są:

- aplikacje internetowe;
- usługi sieciowe (typy usług danych przestrzennych – geoinformacyjnych):
 - usługi wyszukiwania,
 - usługi przeglądania (WMS),
 - usługi pobierania (WFS),
 - usługi przekształcania,
 - usługi uruchamiania usług;
- przetwarzanie w chmurze.

Aplikacje internetowe stanowią odpowiednik ww. aplikacji desktopowych, z tym, że te pierwsze są realizowane w technologii internetowej, korzystając ze znacznie łatwiej dostępnych powiązań z innymi systemami. W ramach infrastruktury geoinformacyjnych porządkowane są usługi realizowane za pośrednictwem sieci, nazywane usługami danych przestrzennych. Wyżej wymienione grupy tych usług pozwalają odbiorcy użytkować dane przestrzenne w sposób zapewniający interoperacyjność wszystkich zasobów (danych, metadanych i usług).

Jedną z pierwszych prób wprowadzenia normalizacji w zakresie tych usług było opracowanie technologii WMS (Web Map Server), dzięki której zasoby danych przestrzennych są dostępne poprzez ich wizualizację interaktywną. To rozwiązanie pozwala na generowanie – na podstawie dostępnej bazy danych przestrzennych – obrazu mapy uzupełnionego grupą elementów graficznych, wysyłanych do komputera użytkownika w formie pakietu danych, składającego się z obrazu rastrowego i danych sterujących procesem udostępniania. WMS odpowiada również na podstawowe zapytania dotyczące zawartości bazy danych, przekazując innym programom informacje nt. map i zapytań. Idea działania WMS została przedstawiona na poniższej rycinie.



Ryc. 13. Działanie Web Map Server (WMS)

Open Geospatial Consortium opracowało specyfikację implementacyjną WMS, dzięki czemu stanowi on dzisiaj standard w wymianie danych przestrzennych. Wśród ogólnie dostępnych WMS można wyróżnić dwa typy systemów, działających: (a) bez uzyskania interoperacyjności (Google Maps, MS Live Local, MapQuest, ArcIMS) oraz (b) interoperacyjnie (NASA OnEarth, USGS, Udig, Map Builder, MS TerraServer). Kategoria *a* wymaga osobnych klientów i dedykowanych im interfejsów, podczas gdy kategoria *b* umożliwia komponowanie mapy z wielu źródeł u jednego klienta.

Drugie rozwiązanie udostępniające dane przestrzenne bardziej zaawansowanym technologicznie odbiorcom nazywa się WFS (Web Feature Server) i pozwala na przekazywanie danych reprezentujących obiekty przestrzenne, poprzez zastosowanie podstawowych zapytań do baz danych przestrzennych. Co więcej, usługa ta umożliwia aktualizowanie atrybutów wybranego obiektu, jak również na jego usunięcie lub utworzenie nowego obiektu. WFS stanowi praktyczną implementację usługi pobierania danych przestrzennych.

Na koniec warto wspomnieć o stosunkowo nowym rozwiązaniu modelowym, jakim jest „przetwarzanie w chmurze”. Ten model polega na współużytkowaniu szeregu usług dostarczanych przez organizacje zewnętrzne w stosunku do użytkownika. Dzięki takiej funkcjonalności powstaje wartość dodana dla użytkownika, który nie musi tworzyć u siebie całej infrastruktury technicznej (sprzętu, oprogramowania i danych) do tego aby dokonać potrzebnego przetworzenia i dysponować jego wynikami w każdej chwili i w każdym miejscu na świecie dysponując jedynie prostym komputerem z dostępem do Internetu. Dla użytkowników systemów informacji przestrzennej oznacza to, że wysokie koszty inwestycyjne nie będą musiały być ponoszone, a jedynie będą obciążani relatywnie niskimi kosztami dostępu i eksploatacji usług sieciowych.

Modelowanie geoinformacyjne wprowadziło swojego rodzaju porządek do metodyki wykorzystywania zasobów informacyjnych pochodzących z funkcjonujących SIP, ale także praktyki stosowania tych systemów. Jego rola w zakresie wdrażania procesów harmonizacji w ramach infrastruktur informacji przestrzennej i różnych pól zastosowań SIP jest trudna do przecenienia. Nowo powstające SIP stosują już zasady modelowania geoinformacyjnego oraz modelowania organizacji i funkcjonowania systemów. Na potrzeby opracowania systemów aplikacyjnych, coraz powszechniej stosuje się język projektowania systemów jakim jest UML (Unified Modeling Language), a także rozwiązania normatywne ujęte w serię standardów opisanych w grupie ISO 19100, w tym schematy pojęciowe i schematy aplikacyjne. Więcej na ten temat w niniejszej publikacji w rozdziale „Wykorzystanie norm ISO 19100 i standardów OGC w projektowaniu i implementacji infrastruktur informacji przestrzennej”.

2.10. Podsumowanie

Liczba pól zastosowań SIP z każdym rokiem rośnie, a ich elementy wchodzą również do naszego codziennego życia. Posługiwanie się takimi usługami przetwarzania w chmurze, jakimi są Google Maps, Google Earth, itp. należy do całkiem powszechnych czynności użytkownika Internetu. Poniższa lista zakresu zastosowań SIP nie jest pełna, a jedynie pokazuje, jak odległe od siebie obszary działalności człowieka mogą korzystać z technologii GIS.

Ochrona środowiska	Epidemiologia
Planowanie przestrzenne	Telekomunikacja
Rolnictwo	Pożarnictwo
Zarządzanie przestrzenią	Badania demograficzne
Zarządzanie infrastrukturą techniczną	Opracowywanie map
Transport	Waloryzacja i oceny terenu
Gospodarka gruntami	Systemy informacji miejskiej

Gospodarka surowcami	Regionalne systemy informacyjne
Zarządzanie nieruchomościami	Handel
Bezpieczeństwo publiczne	Partycypacja społeczna
Obrona narodowa	Nawigacja, w tym samochodowa
Badania naukowe	Zarządzanie kryzysowe

Praktyka wielu obszarów aktywności publicznej w coraz większym stopniu wykorzystuje technologie GIS, a tworzone zasoby informacyjne wymagają podejmowania wysiłków na rzecz osiągnięcia interoperacyjności, gwarantującej znaczące obniżenie kosztów i koordynację działań realizowanych w naszej wspólnej przestrzeni geograficznej.

2.11. Literatura

- Baranowski M., 1992, *System informacji geograficznej – wykłady*, MSOŚ, Warszawa.
- Baranowski M., Ney B., 1995, *Założenia dotyczące systemu informacji przestrzennej w Polsce*, Przegląd Geodezyjny nr 6.
- Baranowski M., 2000, *Przyszłość geomatyki w badaniach geograficznych i w kartografii*, w: *Kartografia polska u progu XXI wieku*, XXVII Ogólnopolska Konferencja Kartograficzna, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Baranowski M., 2007, *Metody geowizualizacji*, Roczniki Geomatyki, PTIP, Warszawa.
- Codd E. F., 1970, *Relacyjny model logiczny dla dużych banków danych. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks.*, Communications of the ACM vol. 13, nr 6, s. 377-387.
- Devogele T., 1996, *Building a Multiscale Database with Scale – Transition Relationships.*, In Proc. Of the 7th Int. Symposium of Spatial Data Handling, Advances in GIS Research II, pp. 6.19-6.33, Delft.
- Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D., 2005, *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, (wydanie polskie: GIS – teoria i praktyka, PWN, Warszawa 2006).
- Weibel R., 1999, *Generalising spatial data and dealing with multiple representations.*, In: P.A. Longley, M.F. Goodchild, D. J. Maguire & D. W. Rhind, editors, *Geographic Information Systems – Principles and Technical Issues*, volume 1, John Wiley & Sons, 2 edition, pp. 125-155.