

### 3 Geografické informačné systémy

Názory na pojem geografické informačné systémy (GIS) doteraz nie sú ustálené a neustále sa prudko vyvíjajú. Komplikované sú aj ich vzťahy k príbuzným, alebo súvisiacim vedným disciplínám ako je kartografia, geografia a pod. K tejto problematike publikovalo svoje názory veľké množstvo autorov.

Tuček (1998) rozlišuje tri rôzne chápania pojmu GIS – ako technológie, ako aplikačného nástroja a ako vedného odboru. Pod GIS ako technológiou rozumie prostriedky nevyhnutné na realizáciu a prevádzkovanie aplikácie: hardwarové a softwarové vybavenie. GIS ako aplikácia predstavuje informačný systém „geografického typu“, ktorý je súčasťou riadenia istej organizačnej jednotky. Vedný odbor GIS by sa mal venovať riešeniu integrácie poznatkov špecializovaných vedných disciplín, vytváraniu jednotného pojmového aparátu a riešeniu úloh špecifických pre GIS, ktoré nie sú riešené, alebo sú riešené len čiastočne v rámci iných vedných disciplín.

V práci (Mičietová 1998) je GIS chápaný ako infromatický nástroj v procese riadenia, kde objektom riadenia je geografická sféra, uvažovaná ako priestorový dynamický systém s vlastnou priestorovou organizáciou a štruktúrou. Subjektom riadenia je človek a jeho stratégie výskumu, využitia a ochrany krajiny, ako určitého výrezu geografickej sféry. V procese riadenia je GIS funkčným celkom, ktorý zabezpečuje :

- údaje o objekte a subjekte riadenia,
- technológie na spracovanie týchto údajov,
- metodiky na spracovanie základných údajov a odvodenie nových informácií,
- modelovacie nástroje vyžadujúce metodiky na odvodenie informácií,
- distribúciu informácií v procese riadenia.

#### 3.1 Definícia GIS

Je pomerne ťažké jednoznačne definovať GIS, pretože existuje viacero rozdielnych prístupov. Populárne sú definície založené na funkčných vlastnostiach, iní autori priniesli schémy vychádzajúce z aplikačných oblastí, údajových modelov a pod. Hlavný dôvod ťažkostí pri definovaní GIS súvisí so stanovením hlavného ohniska záujmu činností GIS. Niektorí ho vidia v hardwarových a softwarových zložkách, iní tvrdia, že je to spracovanie údajov, alebo aplikačné oblasti. GIS je ovplyvňovaný aj inými vednými disciplínami, ktoré sa zaoberajú problematikou, o ktorej riešenie sa snaží GIS.

Z mnohých definícií GIS spomenieme niektoré, ktoré sú uvedené v práci (Tuček 1998) :

Ducker, 1979: „špeciálny prípad informačného systému, kde databáza obsahuje pozorovania (údaje o) priestorovo rozmiestnených objektoch, aktivitách alebo udalostiach, ktoré sú reprezentované v priestore ako body, čiary alebo plochy. GIS manipuluje s údajmi o týchto bodoch, čiarach a plochách tak, aby boli možné „ad hoc“ dotazy a analýzy“,

Burrough, 1986: „súbor prostriedkov pre zber, ukladanie, vyhľadávanie, transformáciu, analyzovanie a zobrazovanie priestorových údajov z reálneho sveta z hľadiska: a) ich polohy vzhľadom k definovanému súradnicovému systému, b) ich popisných – atribútových vlastností, c) ich priestorových vzťahov k iným objektom, ich topológie“,

Smith, 1987: „databázový systém, v ktorom je väčšina údajov priestorovo definovaná a na spracovanie ktorých je možné použiť procedúry dotazov na priestorové entity v databáze“,

Cowen, 1988: „systém pre podporu rozhodovania, ktorý umožňuje integráciu priestorovo definovaných údajov v prostredí riešenia problémov“,

Aronoff, 1989: „akýkoľvek súbor manuálnych alebo počítačových procedúr používaných na ukladanie a manipuláciu geograficky definovaných údajov“,

Parker, 1989: „informačná technológia, ktorá ukladá, analyzuje a zobrazuje priestorové a nepriestorové údaje“.

Väčšina definícií sa zhoduje v tom, že GIS je špeciálnym prípadom informačného systému, vytvoreného na báze počítačov. Aj definícia Goodchilda (1997) má tento charakter: „GIS je špeciálny druh informačných systémov slúžiacich pre manipuláciu, zhromažďovanie, dopytovanie, úpravu, vizualizáciu – všeobecne na prácu s informáciami uložených v počítačových databázach“.

Vo všeobecnosti pracujú geoinformačné systémy na princípe banky dát s priestorovou bázou dát (priestorová = polohovo lokalizovaná, ako základný atribút v báze GIS-u). Z toho vychádza aj definícia GIS podľa (Krcho, Mičietová 1989), ktorá GIS chápe nielen ako špecifický typ informačného systému, ale poníma ho aj ako vedu so svojím predmetom a funkciou: „Geografický informačný systém predstavuje technicko-programový aparát na zber, uchovávanie údajov o krajine a odvodenie informácií o nej tak, aby boli zabezpečené riadiace funkcie v systéme riadenia výskumu a využitia krajiny“.

### 3.2 Funkcia a predmet GIS

Tí istí autori uvažujú o funkciách GIS v troch rovinách:

Prvú predstavuje zber údajov o jednotlivých prvkoch geografickej sféry z rôznych zdrojov – zo staničných meraní, diaľkového prieskumu Zeme, prevzatím z už existujúcich informačných systémov.

Druhá rovina funkcií je zabezpečenie disponibility údajov na princípe banky dát. Banka dát musí umožňovať výber údajov za ľubovoľné územné celky tak, ako to vyžaduje geografický aspekt spracovania priestorových údajov o krajine (výber údajov bodových i plošných, vektorového i rastrového formátu).

Tretiu rovinu funkcií tvoria programové prostriedky na realizáciu úloh v oblasti geovedných disciplín – vyjadrenie vertikálnych vzťahov medzi prvkami geografickej sféry prostredníctvom rôznych typov modelov, vyjadrenie horizontálnych vzťahov a priestorovej diferenciácie jednotlivých prvkov a vzťahov medzi nimi. Do tejto skupiny funkcií sú zahrnuté aj prostriedky na kartografickú interpretáciu odvodených informácií v grafickej forme.

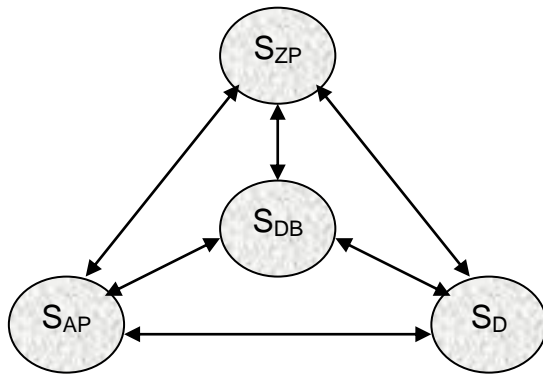
Predmetom geografického informačného systému je podľa (Krcho, Mičietová 1989) špecifikované územie, ktorého horizontálne ohraničenie možno vyjadriť zemepisnými súradnicami  $\varphi_s$ ,  $\varphi_j$ ,  $\lambda_z$ ,  $\lambda_v$ , kde  $\varphi_s$  je severné ohraničenie,  $\varphi_j$  je južné ohraničenie,  $\lambda_z$  je západné ohraničenie a  $\lambda_v$  je východné ohraničenie uvažovaného územia. Horizontálne ohraničenie územia môže byť vyjadrené tiež postupnosťou bodov  $P_i (x_i, y_i)$ , kde  $i = 1, 2, \dots, n$ , ktoré ležia na hranici zvoleného územného celku, zobrazeného v rovine X, Y v rovine mapy. Vertikálne ohraničenie záujmovej oblasti je vyjadrené hornou a dolnou hranicou v smere normály k zemskému povrchu.

### 3.3 Štruktúra GIS

Stanovenie predmetu a funkcií geografického informačného systému je východiskom na analýzu jeho štruktúry, ktorú charakterizujeme na základe prvkov a vzťahov medzi nimi. Geografický informačný systém v zmysle práce (Mičietová 2001a) pozostáva z týchto základných subsystémov:

$$S_{GIS} = (S_{ZP}, S_{DB}, S_{AP}, S_D).$$

Všetky subsystémy sú funkčne vzájomne prepojené, pretože výstupy z jedného subsystému sú súčasne vstupmi do iného subsystému (obr. 1).



**Obr. 1:** Štruktúra geografického informačného systému (Mičietová 2001a).

### 3.3.1 Subsystem $S_{ZP}$

Subsystem  $S_{ZP}$  zabezpečuje zber a prvotné spracovanie údajov, ich formálnu a logickú kontrolu a transformáciu údajov do takej formy, ako požaduje komplexná báza dát.

Prvotné údaje GIS sú z rôznych zdrojov, a preto sú rôznorodé z hľadiska formy, polohového priradenia, územnej platnosti, formátu a informačnej hodnoty. Z hľadiska formy to môžu byť údaje analógové alebo digitálne. Automatizované spracovanie údajov vyžaduje jednotnú formu údajov. Zdrojom údajov sú napr. analógové mapy, ktoré sa následne vektorizujú a digitalizujú, ďalej literárne zdroje, štatistické pramene, údaje získané terénnym výskumom, priamo namerané hodnoty, údaje z DPZ, digitálne mapy, textové súbory, tabuľky a iné. Rôznorodosť údajov zapríčiňuje aj ich rôznu informačnú hodnotu. Niektoré zdroje merania poskytujú údaje s nadbytočnou „hustotou“, iné zasa nedostatočne, a preto je potrebné stanoviť kritéria reprezentatívnosti. Okrem rozličnosti zdroja, existujú rozdiely v témach, ktoré naplňajú informačný systém. V závislosti od témy a od požiadaviek užívateľa sa v subsysteme  $S_{ZP}$  vykonáva aj transformácia vstupných údajov do údajových štruktúr podľa požiadaviek bázy dát s jednotnou polohovou lokalizáciou v GIS.

### 3.3.2 Subsystem $S_{DB}$

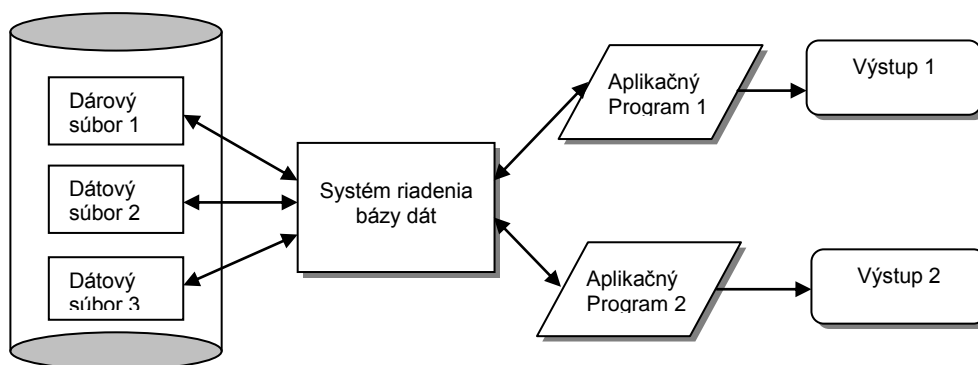
Subsystem  $S_{DB}$  zabezpečuje zjednotenie prvotných údajov v komplexnej údajovej základni a ich uloženie na pamäťové média vo forme súborov. Uplatňuje sa princíp banky

dát, ktorá pozostáva z bázy dát a systému riadenia bázy dát. Zároveň je zabezpečená jednota údajovej základne a programovo-technického aparátu na prácu s údajmi. Prvkami bázy dát sú súbory údajov, ktorých logická organizácia zodpovedá vonkajším vlastnostiam predmetu GIS, ako aj aplikačných úloh. Tieto podmieňujú spôsoby výberu údajov o území, určujú tzv. prístupové cesty k údajom v báze dát.

Logické súbory údajov, ako aj prístupové cesty k nim fyzicky zabezpečuje systém riadenia bázy dát (SRBD) ako špecifický programovo-technický aparát, nezávislý od konkrétnych aplikačných úloh. SRBD obhospodaruje a zdieľa údaje dohodnutým spôsobom tak, aby bola zaistená integrita obhospodarovanej databázy. Pôsobí ako ústredné, centrálné riadenie nad všetkými interakciami medzi databázou – údajmi a aplikačnými programami, cez ktoré ich užívatelia používajú (obr. 2). Nezávisí ani od formátu a miesta uložených údajov a rôzne aplikačné programy tak nemusia vedieť, kde sú vlastne údaje fyzicky uložené.

Meyer (1997) rozlišuje tri úrovne abstrakcie, z ktorých je zložený SRBD:

- fyzická – implementácia databázy do digitálneho prostredia, uloženie štruktúr, metódy prístupu k údajovým štruktúram,
- koncepcná – vyjadrenie databázového modelu reálneho sveta v jazyku údajového modelu,
- úroveň „pohľadu“ - rôzni užívatelia majú rôzny prístup k rôznym častiam databázy (svoj „pohľad“).



**Obr. 2:** Princíp fungovania SRBD v GIS (podľa Aronoff 1991 In.: Tuček 1998).

### **3.3.3 Subsystem $S_{AP}$**

Subsystem  $S_{AP}$  zabezpečuje odvodenie polohových, ale aj iných informácií o území na riadiace a rozhodovacie účely. Je to širokospektrálny subsystem rôznych aplikačných programov, ktorých úlohou je zabezpečovať čo najširšie spektrum užívateľmi požadovaných funkcií – aplikačných úloh. K základným typom aplikačných úloh geografického informačného systému patria priestorové analýzy prvkov geografickej sféry, modelovanie zložitých priestorových štruktúr, ako aj kartografické modelovanie priestorových vzťahov v krajine.

### **3.3.4 Subsystem $S_D$**

Subsystem  $S_D$  je subsystem za zabezpečenie distribúcie základných geografických informácií, ako aj odvodených geografických informácií jednak v rámci geografického informačného systému medzi jeho jednotlivými subsystemami, ale aj medzi rôznymi informačnými systémami navzájom.

## **3.4 Databázy GIS ako modely reality**

Reálny svet, jeho komponenty a vzťahy medzi nimi sú príliš zložité pre naše okamžité a jednoznačné pochopenie, a preto vytvárame akési modely reality, ktoré sú zjednodušením reálneho sveta. Z týchto modelov sú potom vytvárané databázy, ako základný krok v procese poznania podstaty a stavu tejto reality.

Podľa (Nyerges 1990) je priestorová databáza súbor priestorovo priradených údajov, ktorý sa správa ako model reality. Databáza je model reality v tom zmysle, že predstavuje vybranú množinu alebo aproximáciu javov, ktoré sú považované za dostatočne dôležité pre reprezentáciu v digitálnej forme. Digitálna reprezentácia môže byť vyjadrená pre minulé, prítomný alebo budúci časový interval (alebo môže obsahovať kombináciu viacerých časových intervalov v organizovanej podobe).

### 3.4.1 Základné prvky databázy GIS

Prvky reality – geografické objekty – modelované databázou GIS možno vyjadriť dvoma formami identifikácie:

- *entita* – prvok, element reality
- *objekt* – reprezentácia entity v databáze

Treťou formou identifikácie prvkov reality môže byť *kartografický symbol*, ktorým je entita/objekt znázornená do mapy.

V zmysle štandardov DCDSTF (*Digital Cartographic Data Standards Task Force*) opísaných v práci (Nyerges 1990) sú ďalej používané nasledovné pojmy na vyjadrenie prvkov a štruktúry geografickej databázy:

Entita – fenomén objektívnej reality, ktorý je ďalej nedeliteľný,

Objekt – digitálna reprezentácia celej entity alebo jej časti, pričom metóda digitálnej reprezentácie závisí od mierky, účelu a ďalších faktorov,

Typ entity – zoskupenie podobných javov, ktoré môžu byť reprezentované a uložené jednotným spôsobom; prvým krokom pri vývoji databázy je výber a definícia typov entít a druhým je výber vhodnej metódy na priestorovú reprezentáciu každého typu entity,

Typ priestorového objektu – digitálna reprezentácia typu entity. Ich klasifikácia je založená na definícii priestorových dimenzií :

- 0-D – objekt, ktorý má polohu v priestore, ale nemá žiadny rozmer,
- 1-D – objekt s jedným rozmerom (dĺžkou), zložený z dvoch alebo viacerých 0-D objektov,
- 2-D – objekt s dvoma rozmermi (dĺžka a šírka), ohraničený najmenej tromi 1-D objektmi,
- 3-D – objekt s tromi rozmermi (dĺžka, šírka a výška/hĺbka), ohraničený aspoň štyrmi 2-D objektmi,

Trieda objektov – množina objektov reprezentujúcich množinu entít,

Atribút – vlastnosť entity vybranej pre databázovú reprezentáciu, väčšinou je nepriestorová (i keď niektoré môžu byť spojené s priestorovým charakterom študovaného fenoménu, napr. výmera, obvod),

Hodnota atribútu – skutočná hodnota atribútu, ktorá bola nameraná (získaná) a uložená do databázy; hodnoty atribútov sú často koncepčne organizované do atribútových tabuliek, kde v riadkoch sú jednotlivé entity a v stĺpcoch atribúty,

Vrstva – priestorové zoskupenie objektov, ktoré reprezentujú jeden typ entity alebo skupinu pojmovo príbuzných typov entít.

### 3.4.2 Databázové modely

Tvorba geografickej databázy vychádza z definovania databázového modelu. Vyššie spomínaný autor považuje databázový model za koncepčný opis databázy definujúci typ entity a priradené atribúty, pričom každý typ entity je reprezentovaný špecifickými priestorovými objektmi. Po zostrojení databázy jej model slúži ako prehľad databázy, ktorý systém prezentuje užívateľovi.

Všeobecne sa rozlišujú tri úrovne implementácie databázového modelu:

- *konceptuálny (pojmový) model* je systém pojmov reprezentovaných v budovanej databáze,
- *logický model* je systém databázových prvkov a ich väzieb, zohľadňujúci konceptuálny model a vlastnosti softvéru – databázového systému a systému riadenia bázy dát; databázové systémy používajú rôzne údajové modely - hierarchický, sieťový, relačný, objektovo-orientovaný, ktoré predurčujú formu implementácie konceptuálneho modelu do zvoleného databázového prostredia,
- *fyzický model* je systém databázových prvkov usporiadaných do súborov, fyzicky reprezentovaných v zvolenom softvérovom a hardvérovom prostredí; prvky fyzického modelu riadi systém riadenia bázy dát, ktorý zabezpečuje nasledovné funkcie :
  - 1) definíciu typov údajov v databáze,
  - 2) štandardné operácie nad údajmi v databáze,
  - 3) DDL (*data definition language*) na popis obsahu databázy,
  - 4) SQL (*standard query language*) na tvorbu dopytov na databázu a manipuláciu s údajmi v nej.

### 3.4.3 Údajové modely

Konceptuálna, pojmová organizácia údajov databázy sa označuje ako údajový model. Myslí sa tým štýl, spôsob popisu a manipulácie údajov v databáze. Ullman (1988 In.: Meyer 1997) definuje údajový model ako matematickú formalizáciu zloženú z dvoch

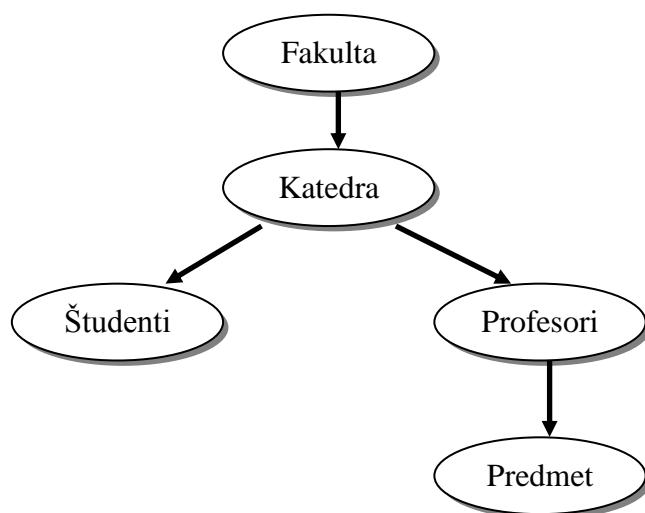


častí, a to záznamu opisujúceho údaj a množiny operácií používaných na manipuláciu s údajmi. Niektorí autori používajú pojem údajová štruktúra.

Existujú tri klasické údajové modely, ktoré sa používajú pri organizácii databáz: hierarchický, sieťový a relačný. Najnovšie sa v GIS začína uplatňovať objektovo-orientovaný údajový model.

### Hierarchický údajový model

Organizácia údajov v hierarchickom údajovom modeli pripomína stromovú štruktúru, ktorá je formovaná ako sústava spojení všetkých záznamov vo forme stromu. Do koreňa, ktorý je vrcholom hierarchie sa napája jeden alebo viacero elementov z nižšej úrovne, z ktorých každý môže mať opäť jeden alebo viac podriadených elementov (obr. 3). Spojenia existujú len medzi nadriadenými a podriadenými elementami. Najväčšou nevýhodou tohto modelu je, že neexistujú spojenia medzi elementami na tej istej hierarchickej úrovni.

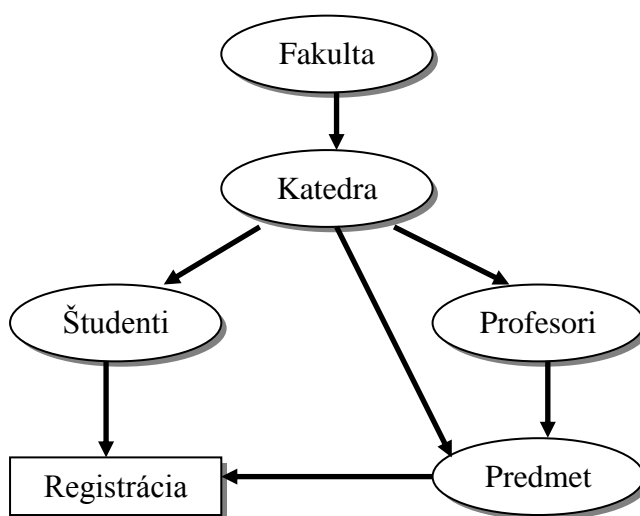


**Obr. 3:** Organizácia databázy s použitím hierarchického údajového modelu (spracované podľa Aronoff 1991 In.: Tuček 1998).

Zamedzuje to vytváranie nových horizontálnych prepojení po vybudovaní databázy, čiže model je nepružný. Prehľadávanie je možné len cez kľúčové položky, u atribútových položiek to spôsobuje problém. Na druhej strane, tieto modely sa vyznačujú vysokou rýchlosťou prehľadávania a údaje v nich sa ľahko modifikujú. Používajú sa pre oblasti, v ktorých existuje určitá hierarchia údajov (katalógy, riadiace štruktúry, ...).

## Sieťový údajový model

Sieťový údajový model už prekonáva niektoré nedostatky hierarchického údajového modelu. Jedna entita môže mať viacero nadradených aj podriadených entít. Ale spojenie medzi entitami rovnakého druhu ešte stále nie je povolené (obr. 4). Záznam môže byť definovaný v ľubovoľnom počte súborov, čiže môže mať viacero majiteľov. Ide o tzv. krížový záznam. Hoci má sieťový model tendenciu byť menej redundantný, musia sa v ňom ukladať rozsiahlejšie informácie o prepojení medzi záznamami, čo zväčšuje veľkosť a zložitosť údajových súborov. Obhospodarovanie týchto pridaných údajov o prepojeniach je takisto časovo náročné.



**Obr. 4:** Organizácia databázy s použitím sieťového údajového modelu (spracované podľa Aronoff 1991 In.: Tuček 1998).

Pokiaľ ide o reprezentáciu údajov, v skutočnosti ide o jednoduchú hierarchiu. Avšak sieťový model môže reprezentovať komplexnejšie štruktúry údajov z reálneho sveta. Podobne ako u hierarchického modelu, vzťahy medzi údajmi sú zakódované v báze údajov. To poskytuje vysokú rýchlosť prehľadávania, ale vzťahy sa ťažko modifikujú (Tuček 1998). Sieťový údajový model používajú aj programovacie jazyky Pascal alebo C.

## Relačný údajový model

Relačný údajový model je tvorený relačnými tabuľkami, ktoré sú uložené ako osobitné súbory. Riadky týchto tabuliek tvoria záznamy označované ako *tuples*. Každý

záznam predstavuje skupina trvalo príbuzných súvisiacich faktov, ktorých hodnoty patria k určitým atribútom. Atribúty tvoria stĺpce relačných tabuliek. Tabuľka ako celok reprezentuje vzťahy medzi všetkými atribútmi, ktoré obsahuje a často sa teda označuje termínom „relácia“ – vzťah.

Meyer (1997) podáva nasledovnú definíciu : „Nech  $D_1, \dots, D_n$  sú množiny hodnôt, ktoré tvoria  $n$  polí. Potom *tuple* (záznam) je množina hodnôt  $t = \{d_1, \dots, d_n\}$ , kde  $d_1$  je prvok  $D_1, \dots, d_n$  je prvok  $D_n$ . Polia sa nazývajú atribúty. *Relácia* (vzťah)  $R$  je množina *tuples* (záznamov) ako výsledok karteziánskeho súčinu  $D_1 \times \dots \times D_n$ .“

Pri použití relačného modelu sa môže robiť prehľadávanie každej jednoduchej tabuľky s použitím každého atribútového poľa jednotlivo alebo spolu. Prehľadanie súvisiacich, príbuzných atribútov, ktoré sú uložené v rôznych tabuľkách sa môže vykonať spojením dvoch alebo viacerých tabuliek s použitím ktoréhokoľvek atribútu, ktorý majú spoločný, čiže obsahujú ho obidve tabuľky. Táto operácia sa označuje ako spojenie (*join*). Spoločný atribút pritom sám nemusí byť časťou vzťahu, ktorý sa analyzuje. Nazýva sa primárny kľúč. Primárny kľúč je stĺpec alebo kombinácia stĺpcov, ktoré v žiadnom prípade nemajú identické hodnoty v žiadnych dvoch riadkoch (Yeung 1998). Ak sa primárny kľúč v jednom vzťahu stáva atribútom v inom vzťahu, tak sa v tom vzťahu nazýva cudzí (*foreign*) kľúč (Meyer 1997).

Aby bola zachovaná integrita databázy, vzťahy sú vždy normalizované. V zmysle (Yeung 1998) musia spĺňať podmienky prvej, druhej a tretej *normálnej formy* :

- *prvá normálna forma* (1NF) – vzťah spĺňa podmienku 1NF, iba ak jeho záznamy obsahujú neopakujúce sa atribúty,
- *druhá normálna forma* (2NF) – vzťah spĺňa podmienku 2NF, ak spĺňa podmienku 1NF a zároveň každý neklúčový atribút je neobmedzene závislý od primárneho kľúča,
- *tretia normálna forma* (3NF) - vzťah spĺňa podmienku 2NF, ak spĺňa podmienku 1NF a zároveň neklúčové atribúty sú vzájomne nezávislé.

Relačné databázy sa odbúraním hierarchie atribútov stávajú flexibilnejšie. Každý atribút môže byť použitý ako primárny kľúč a údaje v oddelených relačných tabuľkách môžu byť spojené s využitím ktoréhokoľvek atribútového poľa, ktoré majú spoločné. V porovnaní s predchádzajúcimi dvoma údajovými modelmi, v relačných vzťahy nie sú explicitne zakódované v databáze. Preto relačný model neobmedzuje rozsah dopytov a užívateľ nemusí poznať štruktúru bázy údajov. Dopytovací jazyk preto nie je závislý na štruktúre údajov a takéto jazyky sa označujú ako neprocedurálne. Najpoužívanejším

neprocedurálnym dopytovacím jazykom je *Structured Query Language* (SQL) vyvinutý firmou IBM.

## Objekto-orientovaný údajový model

V posledných rokoch sa v oblasti informatiky stala téma objektov a objektovej orientovanosti jednou z najfrekvencovanejších a najdiskutovanejších. Objektovo-orientovaný GIS je fundamentálne nový prístup k modelovaniu databázy. Takáto databáza by mala poskytnúť logický prehľad údajov a takisto z nich odvodené informácie na vyššej úrovni, ktoré by boli v súlade s vlastným poznávacím pohľadom ľudí. Jej úlohu je integrovať princípy skúmania do geografickej databázy (Mennis *et al.* 2000).

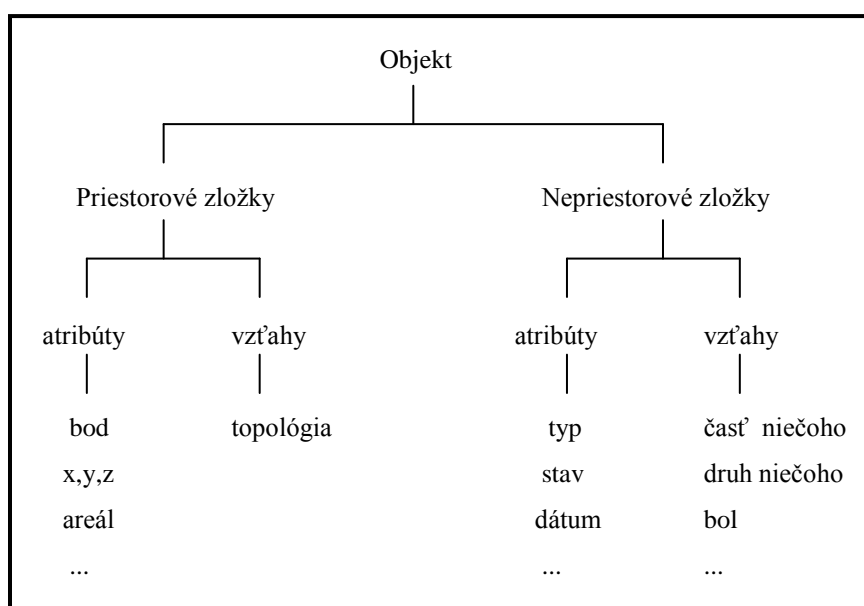
Základným komponentom objektovo-orientovaného údajového modelu je objekt. Objekt umožňuje jednotnú reprezentáciu reálnej entity z hľadiska jej vlastnosti a správania (dynamiky, pravidiel). S takýmto objektom sa v programovom prostredí narába ako s jediným prvkom, na rozdiel od oddeleného prístupu reprezentácie v duálnych systémoch (Mrázik 1995). Každý objekt v databáze musí obsahovať údaje o polohe, čase a téme, a to prostredníctvom atribútov a vzťahov medzi jeho priestorovými a nepriestorovými zložkami. Atribútom je nejaká priestorová alebo nepriestorová charakteristika. Priestorové zložky vyjadrujú polohu, a to pomocou atribútov (napr. súradnice, bod, čiara, areál, pixel) a vzťahov (topológia). Nepriestorové zložky, ktoré predstavujú tému objektu, sú tvorené atribútmi (napr. materiál, typ, stav) a nepriestorovými vzťahmi vyjadrenými operátormi (napr. *is a kind of* – je druh, *part of* - časť niečoho, *composed of* – zložený z). A napokon časová zložka je vyjadrená časovými atribútmi (napr. dátum, trvanie) a časovými vzťahmi (napr. *was* – bol, *will be* – bude) (obr. 5).

Tieto všetky zložky objektov, ktorých funkciou je okrem určenia polohy, času a témy objektu, zabezpečiť aj dostatok informácií na definovanie jedinečnej identity objektu vrátane vzťahov s ostatnými objektmi a charakteristiky správania, možno v zmysle (Tang *et al.* 1996) rozdeliť do šiestich skupín:

- originálny identifikátor
- polohové informácie
- nepriestorové atribúty
- topologické vzťahy
- netopologické vzťahy

- metódy (metódy správaní sa objektu pri činnostiach ako vytváranie nových objektov, dopytov, výpočtov, zobrazení a pod.).

Každý objekt patrí do nejakej triedy objektov. Trieda objektu je systematické zoskupenie objektov, ktoré sú si nejakým spôsobom podobné alebo sa s nimi podobne zaobchádza. Zahŕňajú v sebe všeobecné vlastnosti, ktoré tvoria charakteristiky danej triedy. Môžu byť usporiadané do rôznych hierarchických úrovní. Triedy objektov na tej istej hierarchickej úrovni majú rovnakú dôležitosť. Atribúty, ktoré sú charakteristické pre danú triedu objektov sú uložené s touto triedou, a potom všetky podtriedy zedia tieto atribúty. To umožňuje uloženie informácií spoločných pre celú triedu s minimálnou redundanciou.



**Obr. 5:** Reprezentácia objektu (spracované podľa Guptill *et al.* 1990 In.: Tang *et al.* 1996).

Základnými vzťahmi medzi objektami sú teda príslušnosť objektu k triede a dedenie medzi triedami. Vzťahy medzi objektami sú obojsmerné a spravidla nesymetrické, napr. jeden objekt je vo vzťahu k druhému jeho triedou a naopak druhý objekt je inštanciou prvého. Označenie vzťahu na strane objektu označujeme úloha objektu v príslušnom vzťahu.

#### Porovnanie objektovo-orientovaného a relačného údajového modelu

Objektovo-orientovaný údajový model sa líši od relačného v nasledovných bodoch (Meyer 1997):

- V objektovo-orientovaných modeloch môžu byť objekty atribútovými poliami, čo nie je možné v relačných modeloch.
- V objektovo-orientovaných modeloch sú všetky entity objektmi, čo je oveľa všeobecnejší poňatie než vzťah – relácia (vzťah môže byť objektom, ale nie všetky objekty sú vzťahmi).
- V relačnom modeli sú entity identifikované ich atribútovými hodnotami, zatiaľ čo v objektovo-orientovaných modeloch má každý objekt svoj identifikátor.
- Objekty tvoria triedy a triedy tvoria hierarchiu objektovo-orientovaného modelu. V relačnom modeli neexistuje žiadna hierarchia, iba vzťahy.
- Relačný model je jasne definovaný, korektný a kompletný. Na druhej strane, zatiaľ neexistuje všeobecne akceptovaný objektovo-orientovaný model a k dispozícii je málo dopytovacích jazykov v porovnaní s relačným modelom.

### **3.4.5 Topologická štruktúra objektov databázy**

Aby geografická databáza bola všestranne použiteľná, musí umožňovať analýzu priestorových vzťahov geografických objektov. Na to musia byť zabezpečené nasledovné predpoklady (Mičietová 2001b):

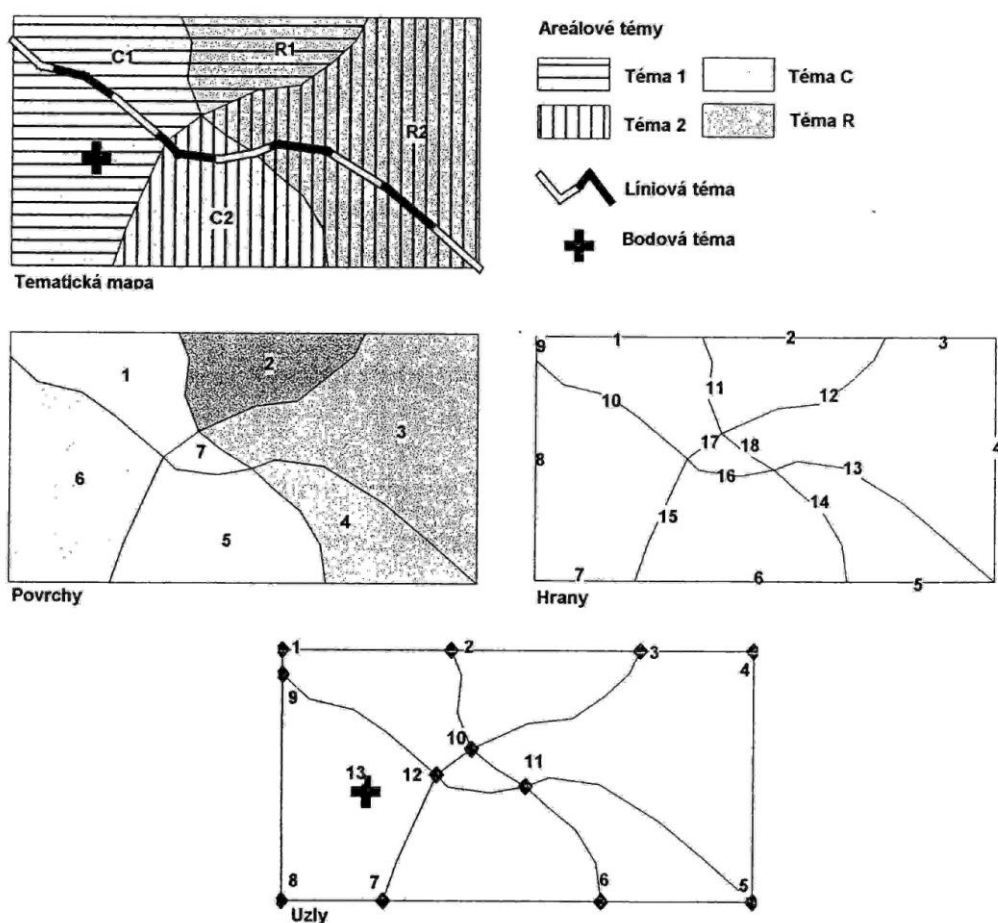
- východiskové priestorové objekty sú prepojené na relačnú databázu,
- relačné databázové atribútové tabuľky sú prepojené na tieto priestorové objekty,
- v systéme existuje možnosť definovania topologických prvkov nad relevantnými priestorovými objektmi – jednotlivými mapovými prvkami tematických máp,
- súčasťou technológie GIS je dopytovací systém, ktorý generuje z topologických prvkov topologickú štruktúru tematicky rôznorodých mapových prvkov ako aj priestorové a logické vzťahy medzi nimi so súčasným prepojením na geografickú databázu,
- systém obsahuje nástroje na uloženie novovzniknutých polytematických topologických štruktúr do relačnej databázy.

Zjednodušene možno povedať, že topológia je matematická procedúra na popis vzťahov medzi priestorovými objektmi. Mapové prvky ako priestorové objekty databázy reprezentujú v grafickom prostredí systému tri základné typy grafických prvkov – body, línie a polygóny.

Pre bodové prvky nie je nutné riešiť topologické vzťahy. Udaním ich polohy je zafinovaná ich nezávislosť od iných bodov. Ak však ide o body ako stavebné prvky na líniových objektoch, je potrebné riešiť príslušnosť týchto bodov k jednotlivým líniam. Pri líniových objektoch, ktoré sa spájajú, musíme zafinovať ich spojitosť v priesečníkoch. Definovaním počiatku a konca línie, určíme jej smer. Pre polygóny je potrebné určiť tri druhy topologických vzťahov: spojitosť úsekov línii ohraničujúcich polygón, príslušnosť línie ku polygónu, susednosť plôch.

Naložením viacerých tematických vrstiev týchto grafických prvkov na seba sa generujú topologické prvky – povrchy, hrany a uzly (obr. 6).

Povrchy sú dvojdimenzionálne entity, ktoré vznikajú prekrytím areálových mapových prvkov alebo prekrytím areálových a líniových mapových prvkov navzájom. Jeden topologický element typu povrch obsahuje prepojenia na tabuľku objektov mapových prvkov, z ktorých vznikol, a tým aj prepojenia na atribútové tabuľky týchto mapových prvkov.



**Obr. 6:** Topologické prvky generované z rôznych typov geografických objektov (Mičietová 2001b).

Hrany sú nepretínajúce sa krivky medzi uzlami, predstavujú prvky hranice povrchov alebo časť líniových mapových prvkov. Hrany obsahujú identifikátory topologických prvkov typu povrch, ktorých hranicu tvoria, identifikátory uzlov, ktoré ich ohraničujú a polohovú lokalizáciu bodov, definujúcich líniu hrany. Ak hrany reprezentujú úseky líniových mapových prvkov, obsahujú aj všetky prepojenia na relačnú databázu.

Uzly sú 0-dimenzionálne topologické entity, reprezentujú začiatkový a koncový bod hrán, pozíciu bodového mapového prvku a jeho prepojenia na relačnú databázu (Mičietová 2001b).

### 3.4.6 Operačné možnosti údajového modelu

Podmienkou implementácie údajového modelu geografického projektu je existencia flexibilného systému riadenia bázy údajov, ktorý zabezpečí prepojenie a komunikáciu objektov a atribútov geografickej bázy údajov. Realizáciu čiastkových a kombinovaných dopytov na objekty a atribúty geografickej bázy údajov zabezpečuje dopytovací systém, ktorý na základe vybraných priestorových objektov definuje topologické prvky a topologickú štruktúru týchto objektov. Táto je východiskom na uplatnenie logických a priestorových operátorov nad priestorovými objektmi, čím sa vytvárajú rozsiahle operačné možnosti modelovania odvodených priestorových štruktúr z objektov geografickej bázy údajov a ich opätovné zapísanie do nej, ako aj do grafického prostredia GIS-u (Mičietová 1998).

Operačné možnosti údajového modelu geografickej databázy závisia od variability analytických nástrojov GIS, od možnosti formulovať čo najrôznejšie dopyty na databázu. Prvkami dopytovacieho systému sú operandy typu subjekt a kritérium a operátory – priestorové a logické.

Operand typu subjekt je priestorový objekt geografickej databázy alebo topologický prvok, ktorý je vygenerovaný ako výsledok dopytu formulovaného nad iným objektom alebo topologickým prvkom na základe stanoveného kritéria (operandom typu kritérium). V geografických analýzach sa na vyjadrenie priestorových vzťahov používajú priestorové operátory. Vyjadrujú vzťahy typu susedstva („medzi“, „v rámci“, „mimo“, ...) alebo vzťahy typu „subjekt prekrýva kritérium“, „subjekt čiastočne obsahuje kritérium“, „subjekt je čiastočne obsiahnutý kritériom“, „subjekt končí v kritériu“, atď. (tab. 1). Logické operátory využívajú pravidlá Bolleovskej logiky. Do úvahy prichádza pritom zjednotenie (*OR*), prienik (*AND*), negácia zjednotenia (*OR NOT*) alebo negácia prieniku (*AND NOT*).



**Tab. 1:** Priestorové operátory na formuláciu dopytov na geografickú databázu (Mičietová 2001b).

$S \setminus K$	$K_{\text{bod}}$			$K_{\text{línia}}$			$K_{\text{areál}}$		
$S_{\text{bod}}$	14			3	5	10	3	5	10
				12			12		
$S_{\text{línia}}$	2	4	11	2	3	4	3	5	6
	12			5	8	9	8	12	
				12	14				
$S_{\text{areál}}$	2	4	11	2	4	7	1	2	3
	12			9	12	13	4	5	12
							13	14	

*Vysvetlivky:* S – subjekt, K – kritérium, 1-14 – typ priestorového vzťahu: 1 – subjekt prekrýva kritérium, 2 – subjekt úplne obsahuje kritérium, 3 – subjekt je úplne obsiahnutý kritériom, 4 – subjekt obsahuje kritérium, 5 – subjekt je obsiahnutý kritériom, 6 – subjekt končí v kritériu, 7 – subjekt obsahuje koniec kritéria, 8 – subjekt prechádza cez kritérium, 9 – subjekt je prekrížený kritériom, 10 – subjekt je úplne na hranici kritéria, 11 – subjekt má kritérium úplne na svojej hranici, 12 – subjekt a kritérium sa dotýkajú v jednom bode, 13 – subjekt a kritérium sa stretávajú pozdĺž hrany, 14 – subjekt a kritérium zaberajú rovnaký priestor.

### Použitá literatúra:

KRCHO, J.; MIČIETOVÁ, E.: Geografický informačný systém – štruktúra a úrovne integrity. Geografický časopis, 41, 1989, č. 4, s. 369.

MENNIS, J. L.; PEUQUET, D. J.; QIAN, L.: A conceptual framework for incorporating cognitive principles into geographical database representation. Int. J. Geographical Information Science, 2000, Vol. 14, No. 6, s. 501.

MEYER, T.H.: Non-spatial Database Models. NCGIA Core Curriculum in GIS Science, 1997.

[www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u045/u045.html](http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u045/u045.html)

MIČIETOVÁ, E.: Geografický projekt MGE ako infromatický nástroj riešenia úloh v GIS-e. Kartografické listy 6, 1998, s. 87.

MIČIETOVÁ, E.: Geografický infromačný systém (GIS): štruktúra, integrita, interoperabilita, implementácia. In: Sborník 14. Kartografické konference, Plzeň 2001a.

<http://gis.zcu.cz/kartografie/konference2001/sbornik/>

MIČIETOVÁ, E.: Geoinformačný systém o geografickej sfére: štruktúra, integrita, interoperabilita, implementácia. [Habilitačná práca]. Bratislava 2001b, 145 s. UK, Prírodovedecká fakulta.

MRÁZIK, A.: Objektovo orientovaná architektúra geografických informačných systémov. Geoinfo, 2, 1995, č.1, s. 32.

NYERGES, T.L.: Spatial Databases As Models Of Reality. NCGIA Core Curriculum in GIS Science, 1990.

[www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u10.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u10.html)

TANG, A.Y.; ADAMS, T.M.; USERY, E.L.: A spatial data model design for feature-based geographical information systems. Int. J. Geographical Information Systems, 1996, Vol. 10, No. 5, s. 643.

TUČEK, J.: Geografické informačné systémy. 1. vyd., TU, Zvolen, 1998, s. 186.

YEUNG, A.K.: Information Organization and Data Structure. NCGIA Core Curriculum in GIS Science, 1998.

[www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u051/u051.html](http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u051/u051.html)