

---

# GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

---

51

1999

3

---

*Eva Mičietová\**

## KVALITA, FUNKCIE A OPERAČNÉ MOŽNOSTI DATABÁZY GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU

**E. Mičietová:** Quality, functions and operational possibilities of the GIS database. *Geografický časopis*, 51, 1999, 3, 3 figs., 2 tabs., 7 refs.

The study presents the quality assessment criteria of geoinformation. Principles of interpretation and creation of geographical database are formulated and demonstrated. The study deals with structure, functions, and operational possibilities of geographical database. Its detailed analysis is indispensable for creation of criteria expressing the uncertainty rate of geoinformation generated by the database. The study is a follow-up to formulation of principles of geomatics and its approach to the increasing importance of geoinformation in the decision-making processes.

**Key words:** GIS, geographical database, database structure, functions of geographical database, operational possibilities of geographical database, data quality, geographical database quality.

### I ÚVOD

Geografické informácie sú objektom skúmania geografickej informačnej vedy. Vzniku tejto vedeckej disciplíny predchádzalo v roku 1996 úsilie konzorcia významných svetových univerzít (<http://www.ucgis.org>) špecifikovať výskumné priority tohoto odboru. Zásady geografickej informačnej vedy publikoval Goodchild (Goodchild 1992, 1997, Wright, D. J. et al. 1997). Od roku 1998 časopis IJGIS (Internatio-

---

\* Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ PrírF UK, Mlynská dolina 1, 842 15 Bratislava

nal Journal for Geographical Information System) zmenil názov na *International Journal for Geographical Information Science*.

Tento vývoj jednoznačne potvrdzuje potrebu bádateľského prístupu ku geografickej a priestorovej informácii, ako aj k informačným technológiám, ktoré tieto informácie generujú. Geografická informačná veda, ktorá predstavuje vedeckú bázu geografických informačných systémov, deklarovala 10 výskumných priorít:

- riešenie problémov polohovej lokalizácie a integrácie priestorových údajov,
- riešenie problémov distribuovaného počítačového spracovania priestorových údajov
- rozšírenie foriem geografickej reprezentácie údajov,
- hodnotenie poznávacích funkcií geografickej informácie,
- hodnotenie geografickej informácie vo vzťahu k mierke,
- priestorové analýzy v prostredí GIS (geografického informačného systému),
- infraštruktúra priestorových informácií v budúcnosti,
- vyjadrenie neurčitosti geografických údajov a analýz v prostredí GIS,
- hodnotenie operačných možností geografickej informácie v celospoločenskom meradle,
- využitie GIS v spoločenských vedách.

Sformovanie uvedených výskumných priorít a vznik novej vednej disciplíny možno chápať ako odpoveď na rýchly vývoj technológií GIS-ov (na spracovanie priestorových údajov) a technológií diaľkového prieskumu Zeme (ako zdroja aktuálnych údajov o krajine) na jednej strane, a neistú informačnú hodnotu výstupov z týchto technológií a súčasne narastajúci význam komplexnej geografickej informácie v rozhodovacích procesoch na strane druhej.

Informačná hodnota získaných (DPZ) a operatívne spracovaných (GIS) priestorových údajov je podmienená kvalitou čiastkových údajov, ako aj z nich odvodených syntetických údajov. Tieto údaje sa stávajú informáciami vtedy, ak sú z hľadiska definovaného cieľa dostatočne komplexné a súčasne je deklarovaná prípustná miera neurčitosti celého komplexu údajov. Generovanie geografických informácií je hlavnou funkciou geografických informačných systémov. Z tohoto hľadiska má v rámci GIS-u významné postavenie báza dát, ktorej kvalita a operačné možnosti priamo podmieňujú kvalitu a množstvo geografických informácií, ktoré využíva široký analytický aparát GIS-u, alebo priamo slúžia ako podklad v rozhodovacom procese.

Predmetom tohoto príspevku je hodnotenie kvality geografickej bázy údajov a vyjadrenie operačných možností z hľadiska jej hlavných funkcií - generovania geografických informácií. Cieľom príspevku je náčrt metodického postupu tvorby, hodnotenia kvality, ale najmä špecifikácia podstaty geografickej databázy v zmysle súčasných zásad geografickej informačnej vedy, zameranej na kvalitu a operačné možnosti geografických informácií. V príspevku je prezentovaná štruktúra, funkcie a operačné možnosti geografickej databázy environmentálneho geoinformačného systému (EGIS), ktorý bol riešený ako súčasť vedeckého projektu SO 05/95 (Krcho et al. 1999).

## 2 HODNOTENIE KVALITY GEOGRAFICKEJ DATABÁZY

Geografická báza údajov je chápaná ako subsystém - prvok hierarchicky nadradeného geografického informačného systému. Hlavnou funkciou geografickej bázy údajov je poskytovanie čiastkových a komplexných geografických informácií, ktoré sú vstupom pre modelovanie procesov a javov krajiny v GIS-e, alebo sú priamo podkladom v rozhodovacom procese. Preto kvalita geografickej databázy priamo podmieňuje spoľahlivosť výstupov z modelov, ale aj informačnú hodnotu rozhodnutí, generovaných na základe týchto informácií.

Hodnotenie kvality geografickej bázy údajov vychádza z podstaty geografickej informácie a zo všeobecne platných zásad hodnotenia kvality údajov a celostnosti systému, ktorý tieto údaje generuje:

a) Geografická informácia má tri dimenzie - priestorovú, časovú a tematickú. (V súvislosti s tvorbou priestorových údajových štandardov sa uvádza aj štvrtá dimenzia - metaúdajová, avšak táto nie je určujúca pri tvorbe modelu geografickej databázy). Konvenčné chápanie geografickej informácie s dôrazom na atribút priestorovosti je problematické, pretože ignoruje spojenie čas-priestor v súvislosti s témou a tým aj samotnú geografickú podstatu skúmania krajiny.

b) Nositeľom geografickej informácie v geografickej databáze sú údaje ako reprezentant jej priestorovej, časovej a tematickej dimenzie. Na hodnotenie kvality údajov platia vo všeobecnosti kritériá - správnosť, rozlišovacia schopnosť, konzistencia a kompletnosť (Brassel et al. 1995). Zatiaľ čo prvé dve kritériá sú vhodné na hodnotenie vlastností samotných prvkov geografickej databázy, konzistencia a kompletnosť vyjadrujú schopnosť vytvárať interakcie medzi prvkami geografickej databázy, a tým podmieňujú jej celosť a operačné možnosti v rámci GIS-u.

### 2.1 Správnosť geografickej databázy

Všetky geografické údaje sú zbierané na základe určitého modelu reality, ktorý predstavuje jej abstrakciu a generalizáciu. Takto vzniká aj databázový opis reality. Z hľadiska troch dimenzií geografickej informácie je potrebné pri hodnotení správnosti geografickej databázy rozlišovať priestorovú, časovú a tematickú správnosť.

*Priestorová správnosť* je správnosť priestorového komponentu databázy; jej hodnotenie závisí od dimenzie uvažovaných priestorových objektov. Priestorová správnosť bodových (0 - dimenzionálnych) objektov je vyjadrená vzdialenosťou medzi kódovanou (v databáze zapísanou) polohou a skutočnou polohou. V prípade líniových a plošných (1-2 dimenzionálnych) objektov určuje polohovú správnosť okrem polohovej chyby aj chyba z generalizácie. Priestorová správnosť je podmienená presnosťou primárnych (DPZ, GPS, fotogrametria, geodetické merania) a odvodených (získaných rasterizáciou alebo vektorizáciou analógových podkladov) priestorových lokalizačných údajov. *Časová správnosť údajov* vyjadruje časové ohraničenie platnosti entity. Hodnotenie *tematickej správnosti* databázy vychádza z entitno-atribútovo-hodnotového modelu reality (Veregin 1998). Entita vyjadruje fenomén reality, atribút vyjadruje vlastnosť entity a hodnota predstavuje kvantitatívne alebo kvalitatívne meranie vlastnosti entity. Tematická správnosť je v tomto zmysle správnosť hodnoty atribútu v geografickej databáze. (Na hodnotenie kvantitatívnych údajov sa používa metóda strednej kvadratickej odchýlky, kvalitatívne atribúty sa hodnotia štandardne metódou cross-tabulation).

## 2.2 Rozlišovacia schopnosť geografickej databázy

Vyjadruje schopnosť geografickej databázy rozlišovať detaily v čase, priestore a tematickom obsahu. Rozlišovacia schopnosť úzko súvisí so správnosťou, keďže stupeň rozlíšenia detailov vyplýva z úrovne abstrakcie a generalizácie reality, premietnutej v jej databázovom obraze.

*Priestorová rozlišovacia schopnosť* v rastrovej forme priestorovej reprezentácie objektov vyjadruje lineárne dimenzie bunky rastra. Pri vektorovej reprezentácii objektov vyjadruje rozlišovacia schopnosť plochu minimálnej mapovateľnej priestorovej jednotky - areálu. *Časová rozlišovacia schopnosť* vyjadruje dĺžku intervalu medzi dvoma meraniami hodnoty atribútov. *Tematická rozlišovacia schopnosť* vyjadruje stupeň jemnosti kategorizácie geografických údajov. Pri kvantitatívnych údajoch vyjadruje stupeň rozlíšenia intervalov kvantitatívnych hodnôt atribútov.

## 2.3 Logická konzistencia geografickej databázy

Je definovaná s ohľadom na tri dimenzie geografickej informácie. *Priestorová konzistencia* sa vyjadruje topologickou štruktúrou priestorových prvkov geografickej databázy, v zmysle ktorej platia v dvojdimenzionálnom priestore topologické pravidlá: 1-dimenzionálne objekty (línie) sa musia pretínať s 0-dimenzionálnymi objektami, dvojdimenzionálne objekty sa musia pretínať s 1-dimenzionálnymi a 0-dimenzionálnymi objektami. Priestorové objekty geografickej databázy, ktoré nie sú súčasťou týchto topologických štruktúr, nie sú schopné vytvárať priestorové interakcie, a preto sú z hľadiska funkcií databázy nadbytočné. *Časová konzistencia* vyjadruje skutočnosť, že na danom mieste a v danom čase sa môže vyskytnúť len jeden jav daného typu. *Tematická konzistencia* geografickej databázy podmieňuje absenciu redundantných tematických atribútov.

Z hľadiska systémového poňatia geografickej databázy vyjadruje logická konzistencia geografickej databázy schopnosť všetkých jej prvkov vytvárať interakcie v časovej, priestorovej a tematickej dimenzii tak, aby žiaden prvok geografickej databázy nebol nadbytočný, a teda nevhodný na zabezpečovanie funkčnosti geografickej databázy - generovanie úplných geografických informácií.

## 2.4 Úplnosť (kompletnosť) geografickej databázy

Je charakteristika kvality vyjadrujúca mieru zhody medzi databázovou špecifikáciou určitého geografického javu (úrovňou abstrakcie) a jeho skutočnou reprezentáciou v krajine. *Priestorová kompletnosť* vyjadruje koherentnosť (spojitosť) priestorových komponentov geografickej databázy, charakterizujúcich určitý jav. *Tematická kompletnosť* vyjadruje stupeň zhody medzi poznanou štruktúrou atribútov sledovaného javu a ich reprezentáciou v geografickej databáze. Rovnako je dôležitá aj *časová kompletnosť*, ktorá vystihuje stupeň zhody medzi poznanou dynamikou zmien sledovaného javu a dynamikou zmien tohoto javu, zaznamenanou (kódovanou) v geografickej databáze.

### 3 ŠTRUKTÚRA, FUNKCIE A OPERAČNÉ MOŽNOSTI GEOGRAFICKEJ DATABÁZY

Špecifikum geografickej informácie (3-dimenzionálnosť) a súčasne požiadavky správnosti, presnosti, logickej konzistencie a úplnosti podmieňujú aj štruktúru, funkcie a operačné možnosti geografickej databázy. Štruktúru geografickej databázy možno vyjadriť konceptuálnym, logickým a fyzickým modelom. Zásady tvorby konceptuálneho modelu uvádza Mičietová (1998).

*Logický model* definujú prvky:

- a) objekty ako priestorové databázové reprezentácie entít reálneho sveta,
- b) atribúty - charakteristiky, vyjadrujúce vlastnosti entít s definovanou štruktúrou a časovou platnosťou.

*Väzby* medzi prvkami logického modelu určujú:

- c) vzájomné interakcie medzi objektami geografickej databázy,
- d) interakcie medzi objektami a atribútmi.

Pri tvorbe logického modelu geografickej databázy sa uplatňuje princíp logickej konzistencie tak, aby *všetky* prvky modelu vytvárali interakcie a súčasne aby bola zachovaná *komplementárnosť* geografickej informácie (priestorová, tematická a časová).

*Fyzický model* geografickej databázy je generovaný na základe implementácie logického modelu v technologickom prostredí bázy dát a systému riadenia bázy dát. Preto *prvky* fyzického modelu tvoria:

aa) množina databázovo implementovaných objektov a atribútov, vyjadrených (štrukturovaných) v zmysle určitého typu databázového údajového modelu (hierarchický, sieťový, relačný, objektovo orientovaný);

bb) v prípade duálnych technologických systémov k množine prvkov fyzického modelu patria aj grafické údajové štruktúry priestorových komponentov geografickej databázy.

Štruktúru fyzického modelu dotvárajú *väzby* medzi prvkami:

cc) systémom riadenia bázy dát generované interakcie medzi prvkami logického modelu;

dd) v prípade duálnych systémov sú to aj interakcie medzi grafickou reprezentáciou objektov databázy a ich databázovou reprezentáciou.

*Funkcie geografickej databázy* definujeme ako schopnosť geografickej databázy generovať *nové* priestorové štruktúry, ktoré sú nositeľom úplnej geografickej informácie (poloha, téma, čas) a vznikli ako výsledok interakcie fyzicky implementovaných objektov a atribútov, sprostredkovanej systémom riadenia bázy dát.

*Operačné možnosti geografickej databázy* potom vyjadrujú potenciál geografickej databázy generovať *spektrum* nových (odvodených) priestorových štruktúr s úplnou geografickou informáciou z čiastkových - východiskových objektov a atribútov ako databázovej reprezentácie čiastkových entít reálneho sveta - krajiny.

## 4 GEOGRAFICKÁ BÁZA ÚDAJOV EGIS-U

Environmentálne geoinformačné systémy sú koncipované tak, aby poskytovali široké spektrum geografických informácií a analytický aparát na implementáciu metodík rôznych environmentálnych analýz. Geografická báza údajov generuje geografické informácie pre tieto analýzy, preto kvalita a rozsah operačných možností je prioritnou podmienkou fungovania celého systému. Tvorba kvalitnej geografickej bázy údajov by mala vychádzať zo štandardov správnosti, presnosti, konzistencie a úplnosti údajov, ako aj celej databázy.

Niektoré z týchto štandardov ponúkajú priamo technológie GIS pomocou grafických nástrojov na tvorbu topologickej štruktúry priestorových prvkov geografickej databázy, pričom súčasne dopytovací systém databázy týchto technológií vyžaduje topologickú štruktúru priestorových objektov, a teda aj uplatnenie týchto nástrojov. Všetky ostatné štandardy sú v súčasnosti u nás predmetom výskumu, ktorý by sa mal v blízkej dobe premietnuť do zásad tvorby štátneho informačného systému.

Vedecké, ale aj komerčné projekty, ktoré sa zaoberajú tvorbou geoinformačných systémov, preto neustále zápasia s problémami dostupnosti kvalitných (polohovo, tematicky a časovo správnych, presných, logicky koherentných a úplných) údajov, a teda aj s definovaním ich neurčitosti z uvedených hľadísk. K tomuto okruhu problémov však treba zahrnúť aj nejasné chápanie pojmu *geografická báza údajov*, jej *funkcie a operačné možnosti*, čo spôsobuje neurčitost (absenciu) kritérií (ale aj predpisov) na hodnotenie kvality databázových štruktúr, ktoré sú pre objednávky štátnych inštitúcií (a teda aj štátneho informačného systému) neustále (neraz aj duplicitne) vytvárané komerčnými firmami.

Tvorba environmentálneho geoinformačného systému bola súčasťou vedeckého projektu SO 05/95 (Krcho et al. 1999). Geografická databáza tohto systému bola koncipovaná a realizovaná v zmysle vyššie uvedených zásad kvality, a preto je v ďalšej časti práce uvedená dokumentácia jej štruktúry, funkcie a operačné možnosti.

### 4.1 Východiská tvorby EGIS-u

Cieľom projektu bolo hodnotenie ekotoxikologických faktorov životného prostredia, ich modelovanie a minimalizácia v environmentálnom geoinformačnom systéme. Objektom skúmania bolo modelové územie<sup>1</sup>, ktoré malo byť spracované v mierkach 1:10 000, 1:5000, a vybrané územia v mierke 1:1000. Pri analýze dostupných údajov z monitorovacích systémov SR sa potvrdila nevhodnosť týchto údajov z hľadiska mierky (presnosti), ale aj úplnosti (štruktúra charakteristík bola nevhodná, alebo údaje boli pre riešenie úlohy nedostupné). Preto východiskom k dosiahnutiu cieľov úlohy bol riešiteľským tímom uskutočnený monitoring polutantov v ovzduší, biomonitoring a bioindikácia toxických vplyvov polutantov, podrobné mapovanie pôdneho krytu, podrobné mapovanie komplexných geoeologických jednotiek územia, rádiochemická analýza pôd, chemická analýza pôd, mapovanie porastových

<sup>1</sup> Modelové územie, ktoré je objektom environmentálneho GIS-u sa nachádza južne od Bratislavy. Územie má rozsah 4 mapových listov mierky 1:10 000 v Gaussovom-Krügerovom zobrazení, toposkcie M-33-143-C-b-3, M-33-143-C-b-4, M-33-143-C-d-1, M-33-143-C-d-2. Podrobný terénny prieskum sa uskutočnil v rozsahu 6 km<sup>2</sup> v mierke 1:5000 na území definovanom súradnicami xmin=5329000 m, xmax=5331000 m, ymin=3662000 m, ymax=3665000 m.

celkov územia, komplexná morfometrická analýza georeliéfu územia, spracovanie analógových údajov o geologickej stavbe a hladine podzemnej vody.

Monitoring, mapovanie, ako aj ďalšie analýzy, ktorými sa generovali vstupné údaje pre riešenie projektu, sa uskutočnilo v súlade s cieľmi projektu, rozlišovacou schopnosťou spracovania údajov, ale aj s uplatnením najnovších poznatkov o zákonitostiach priestorovej štruktúry subsystémov geografickej sféry, čoho dôsledkom je optimálny výber entít a štruktúra ich atribútov pri tvorbe databázovej reprezentácie skúmaných javov modelového územia.

Úlohou geografickej databázy bolo štrukturovanie a uchovanie všetkých vyššie špecifikovaných údajov tak, aby z nich mohli byť generované priestorové štruktúry s úplnou geografickou informáciou a následne aplikované v ďalších environmentálnych analýzach. Technologickým prostredím geografickej databázy EGIS-u je systém MGE (Modular GIS Environment) firmy Intergraph.

#### 4.2 Štruktúra geografickej databázy EGIS-u SO 05/95

Štruktúra geografickej databázy sa generovala v dvoch etapách - v etape tvorby logického modelu a v etape tvorby fyzického modelu. Tvorba *logického modelu geografickej databázy* obsahovala:

- špecifikáciu entít modelového územia, ktoré sú predmetom tvorby databázy,
- databázovú reprezentáciu týchto entít - generovanie množiny prvkov logického modelu,
- definovanie väzieb medzi prvkami logického modelu.

Výber *entít* modelového územia, ktoré boli predmetom tvorby geografickej databázy (Tab. 1), bol podmienený cieľmi vedeckého projektu a súčasne možnosťami hodnotenia (monitoringu) ich vlastností.

**Tab. 1. Entity modelového územia, ktoré sú predmetom tvorby geografickej databázy**

Charakteristika entity	Názov
polutanty v ovzduší	POL
prejavy toxických vplyvov v biosfére	BIO
fyzickogeografické komplexy	KGEJ1
rádioaktívne prvky v pôdach	RAD
chemické látky v pôdach	CHEMP
štandardné pôdne sondy	PODAS
výberové pôdne sondy	PODAV
priestorová diferenciacia pôdneho krytu	PODA
priestorová diferenciacia fyzickogeografických komplexov	KGEJ2
georeliéf a priestorová diferenciacia morfometrických parametrov	VYSKY SKLONY
hydrogeologické vrty	ORIENT FORMY
HYVRT	
priestorová diferenciacia litosféry	GEOL
priestorová diferenciacia porastov	PORAST
klimatické prvky	KLIM
formy využitia zeme	LANDUSE

Databázová reprezentácia entít odráža formu ich priestorovej reprezentácie. Požiadavke polohovo presného generovania priestorových štruktúr s rozlišovacou schopnosťou mierky 1:1000 vyhovuje vektorová forma priestorovej reprezentácie a vektorový údajový model. Vektorový údajový model tvoria prvky - objekty a atribúty. Objekty sú polohovo lokalizované body, línie, areály,... v zobrazovacej rovine jednotného súradnicového systému<sup>2</sup> geografickej databázy a graficky interpretované špecifickou symbolikou ako reprezentácia priestorového určenia entity. Atribúty tvoria vektor charakteristík, vyjadrujúcich vlastnosti príslušnej entity, ako reprezentanta tematického komponentu geografickej informácie o nej.

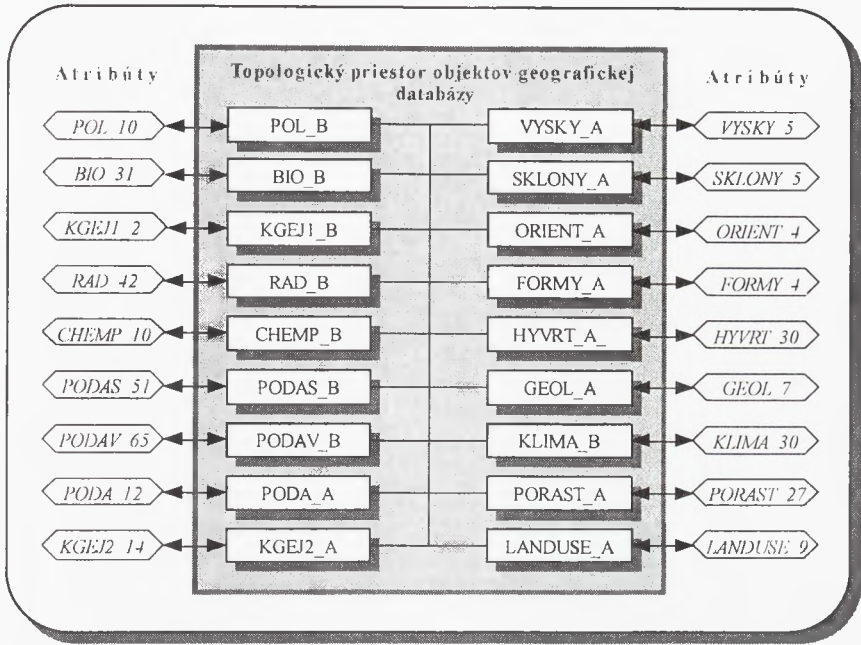
Špecifikácia databázovej reprezentácie entít predstavuje definovanie typu objektu a štruktúru atribútov pre každú entitu. Množina všetkých objektov a atribútov predstavuje prvky logického modelu databázy EGIS-u. Obr. 1 vyjadruje štruktúru logického modelu databázy EGIS-u. Medzi prvkami sú dva typy interakcií - interakcie medzi objektami, ktoré definujú topologický priestor geografickej databázy a interakcie medzi objektami a atribútmi, ktoré vyjadrujú tematickú konzistenciu geografickej databázy. Štrukturovanie atribútov je na obr. 1 vyjadrené celkovým počtom charakteristík, ktorými sú vlastnosti entity v databáze vyjadrené, pričom výber charakteristík vychádzal z platných klasifikačných systémov hodnotenia uvažovaných fenoménov modelového územia. Štrukturovanie objektov je vyjadrené v označení typov objektov posledným znakom, pričom *\_B* označuje objekt typu bod, *\_A* označuje objekt typu areál, a *\_L* je označenie vyhradené pre línie. Z uvedeného vyplýva, že napr. fenomén modelového územia - polutanty v ovzduší (entita *POL<sub>B</sub>*) bol hodnotený na monitorovacích lokalitách s územnou platnosťou bodovou, ktoré v databázovej reprezentácii vyjadruje typ objektu *POL<sub>B</sub>*, a 10 charakteristikami, meranými v definovaných časových intervaloch, ktoré tvoria štruktúru atribútu *POL<sub>10</sub>*.

*Fyzický model geografickej databázy* je podmienený technologickým prostredím, v ktorom je geografická databáza realizovaná. V súčasnosti predstavujú stále štandard na tvorbu geografických databáz duálne systémy s relačným databázovým modelom. Duálnosť technologických systémov je spôsobená oddelením grafických nástrojov na prácu s priestorovým komponentom geografickej informácie a jej grafickej interpretácie od nástrojov na prácu s tematickým komponentom tejto informácie. V dôsledku toho sú údaje o priestorovej reprezentácii objektov súčasťou iných údajových štruktúr (údajových súborov), ako sú údaje o typovej špecifikácii objektov, atribútov a ich vzájomných prepojeniach.

Údaje o priestorovej reprezentácii objektov databázy EGIS-u SO05/95 predstavujú grafické štruktúry (napr. \*.*dgn* systému Microstation v systéme riadenia bázy dát MGE SX), ktorých obsah tvoria usporiadané postupnosti súradníc (x,y) objektov v jednotnom súradnicovom systéme (O,X,Y) geografickej databázy (jednoprvkové - body, viacprvkové - neuzatvorené a uzatvorené - línie, areály) a údaje o ich grafickej symbolike. Tematické údaje o objektoch (typová špecifikácia), atribútoch a ich vzá-

<sup>2</sup> Jednotným lokalizačným systémom geografickej bázy údajov EGIS-u projektu SO 05-95 je rovinný súradnicový systém Gaussovho-Krügerovho zobrazenia, mierky 1:10 000. Kartografické podklady, ktoré slúžili na mapovanie monitorovacích lokalít všetkých typov a na mapovanie entít, boli mapy identického kartografického zobrazenia, ale rôznych parametrov (3-stupňové poludníkové pásy pre mapovanie v mapách mierky 1:5000 a 6-stupňové pre mapy mierky 1:10 000). Podrobné hodnotenie kartografických aspektov tvorby geografickej databázy je uvedené v záverečnej správe (Krcho, J. et al. 1999).



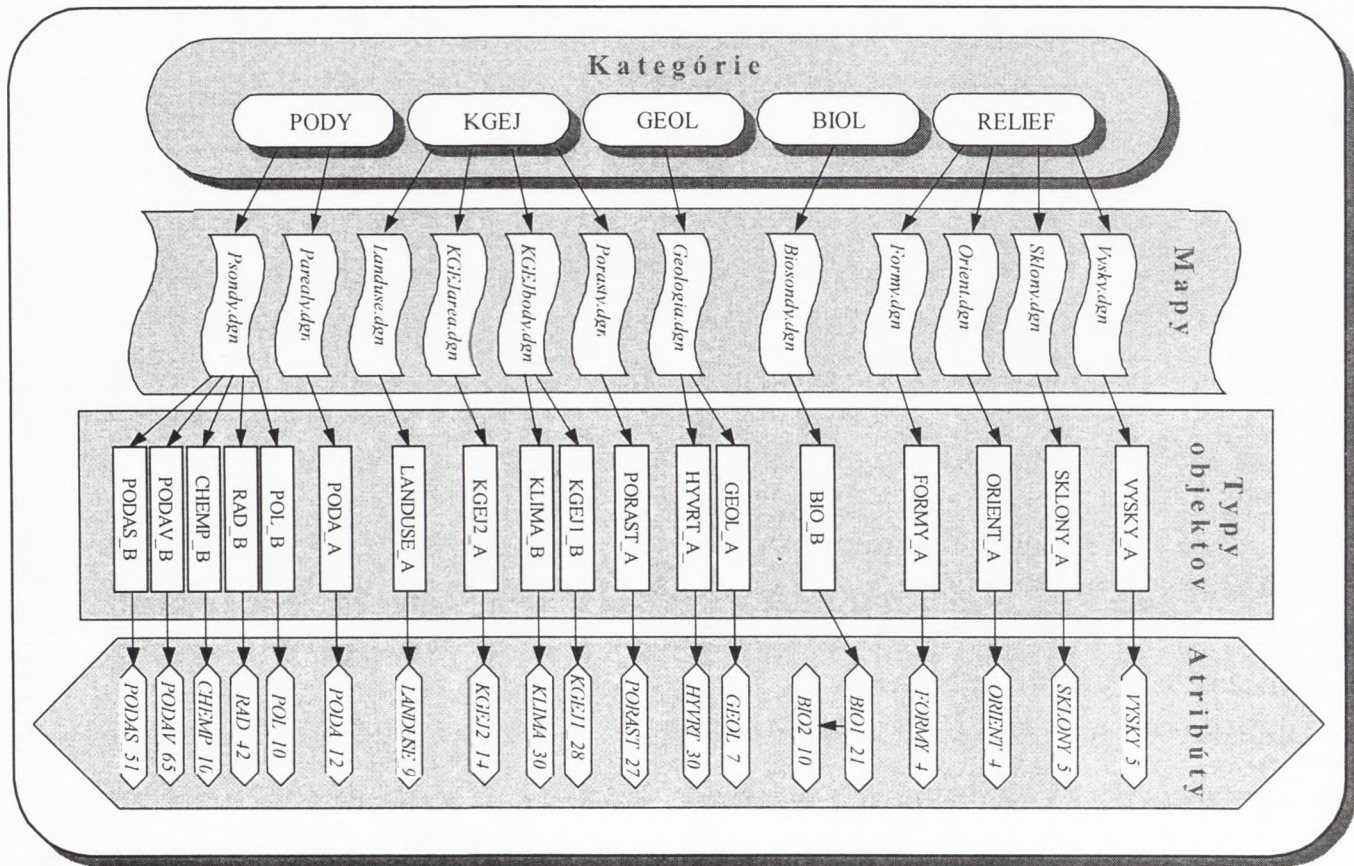


Obr. 1. Logický model databázy EGIS-u SO 05/95.

jomných prepojeniach, ako aj prepojeniach na grafické štruktúry (\*.dgn), sú vyjadrené formou relačných tabuliek ako prvkov relačného údajového databázového systému (napr. MS SQL Server).

Fyzický model geografickej databázy potom obsahuje *prvky* - relačné tabuľky a grafické štruktúry (\*.dgn) a *väzby* medzi relačnými tabuľkami (databázovými údajovými štruktúrami a grafickými údajovými štruktúrami). Prepojenie medzi nimi vychádza z logickej podmienky *kategorizácie objektov*. Kategorizácia objektov je špecifikácia *typov objektov* a zaradenie príbuzných typov objektov, ktoré spolu súvisia (v zmysle podmienky komplementárnosti geografickej informácie), do *kategorii*. Za predpokladu, že platí podmienka, že jedna grafická štruktúra (\*.dgn) môže obsahovať len grafické prvky objektov jednej kategórie, je potom možné uskutočniť databázovú reprezentáciu grafickej štruktúry (\*.dgn), ktorá je v rámci fyzického modelu označená pojmom *mapa* a definovať relácie medzi databázovými údajovými štruktúrami a grafickými údajovými štruktúrami. (Pojmový aparát na označovanie prvkov fyzického modelu geografickej databázy je prevzatý od výrobcu GIS MGE firmy Intergraph).

Na obr. 2 je schéma fyzického modelu geografickej databázy EGIS SO 05/95. Jej prvky sú relačné tabuľky a štruktúra je vyjadrená interakciami (reláciami) medzi tabuľkami relačného databázového systému. Databázové tabuľky tvoria stĺpce - *polia*,



Obr. 2. Fyzický model geografickej databázy EGIS-u SO 05/95.

ktoré predstavujú charakteristiky typu atribútu (napr. *KGEJ2\_14* a *PODA\_12*)<sup>3</sup> a riadky - *záznamy*, ktoré predstavujú hodnoty polí, namerané na priestorových objektoch určitého typu (napr. *KGEJ2\_A* a *PODA\_A*). Počet riadkov odpovedá teda počtu výskytov objektov príslušného typu v území, ktoré je predmetom tvorby geografickej databázy.

#### 4.3 Funkcie a operačné možnosti databázy EGIS-u SO05/95

Generovanie *priestorových štruktúr* s úplnou geografickou informáciou je v zmysle vyššie uvedeného podmienkou funkčnosti geografickej databázy. Priestorové štruktúry sú výsledkom vzájomnej interakcie medzi priestorovými objektami v dvojdimenzionálnom topologickom priestore. Tento tvoria *topologické prvky* - uzly, hrany a povrchy, ktoré sú v 2D priestore generované na základe priestorových operátorov (Mičietová 1998) z vektorových objektov - bodov, línií a areálov. *Topologická štruktúra* vyjadruje matematické väzby medzi vektorovými objektami a topologickými prvkami.

Ak vektorový grafický objekt (bod, línia, areál ako prvok grafickej štruktúry \*.dgn) má svoju reprezentáciu v databáze (interakcie *mapy - typy objektov* na obr. 2) a súčasne každý typ objektu interaguje aspoň s jednou atribútovou tabuľkou (interakcie *typy objektov - atribúty* na obr. 2), potom existujú interakcie medzi topologickými prvkami a relačnými tabuľkami geografickej databázy. V zmysle uvedeného je potom možné k 2D-topologickým priestorovým štruktúram (ktoré predstavujú nové typy priestorových objektov) priradiť tematické údaje (atribúty) všetkých východiskových objektov, z ktorých sú generované a sú zároveň nositeľom úplnej geografickej informácie.

Modelovanie priestorových štruktúr na základe 2D topológie systémom riadenia bázy údajov nemôže byť porovnávané s inými (napr. fyzikálnymi) metódami modelovania procesov v krajine, je však veľmi dobrým nástrojom na rýchle diagnostikovanie stavu krajiny na základe kvalitných údajov, ale aj na extrapoláciu hodnôt niektorých charakteristík, ktoré nie je možné monitorovať s dostatočne hustou sieťou pozorovacích staníc.

Z hľadiska konkrétnych cieľov projektu SO 05/95 bolo potrebné v modelovom území špecifikovať kritické oblasti (priestorové štruktúry) a procesy v nich prebiehajúce, kde je možný priesak polutantov z ovzdušia do podzemných vôd, a tým aj ich

<sup>3</sup> Atribútová tabuľka *KGEJ2\_14* obsahuje polia:

**mslink**, **mapid**, typ KGEJ, podnytyp, podny\_druh, goxred, mocnosti, hlbka\_pv, vegetacia, forma, prevysenie, sklon, litotyp, vymera

Atribútová tabuľka *PODA\_12* obsahuje polia:

**mslink**, **mapid**, podny\_typ, podny\_subtyp, varieta, forma, ornica, podornicie, substrat 1, substrat 2, hlbka, poznamka, vymera

Polia **mslink**, **mapid** zabezpečujú relácie na tabuľky typov objektov *KGEJ2\_A* a *PODA\_A*, relácie na databázovú reprezentáciu mapy *KGEJarea.dgn* a mapy *Parealy.dgn* a prepojenie (linky) na fyzické reprezentácie objektov v týchto mapách.

Atribúty objektov, ktoré boli monitorované v časových intervaloch, obsahujú okrem tematicky významových polí aj pole **time**, ktoré zabezpečuje vzájomné relácie atribútových tabuliek príslušného typu (teda s rovnakou štruktúrou významových polí), a teda komplementárnosť geografickej databázy z hľadiska časovej dimenzie geografickej informácie.

rýchle šírenie. Východiskom pre modelovanie týchto priestorových štruktúr boli areály komplexných geoekologických jednotiek, ktoré obsahujú údaje o hĺbke podzemnej vody ako aj parametre, ktoré podmieňujú typ procesov v nich prebiehajúcich, a areály štruktúry pôdneho krytu, ktoré predstavujú z hľadiska fyzikálneho homogénne prostredie na šírenie polutantov v dôsledku kapilárneho vztlínania podzemnej vody.

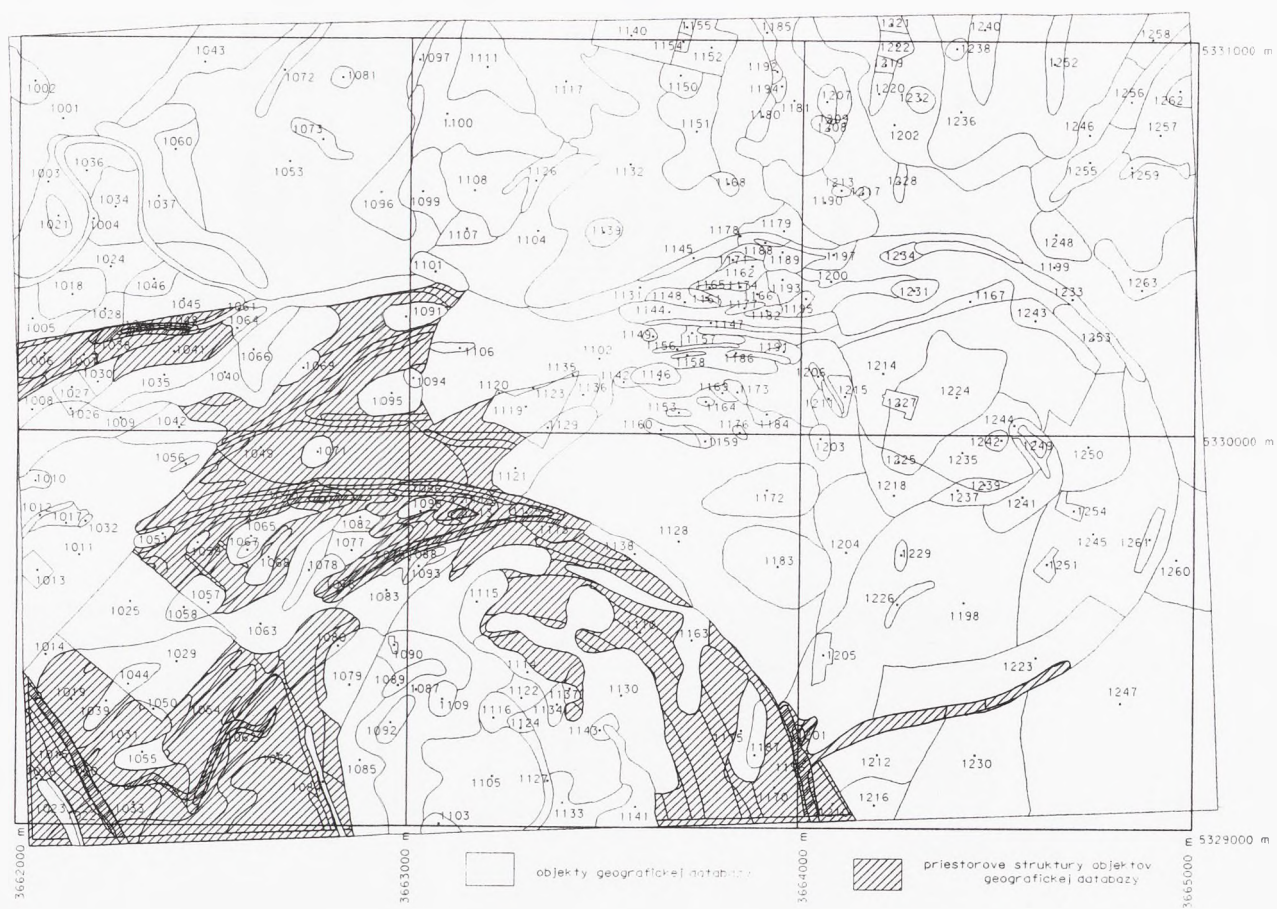
Na obr. 3 je grafická interpretácia dopytu na geografickú databázu - priestorová štruktúra areálov pôdnych typov, kde je riziko šírenia znečisťujúcich látok z priesaku podzemných vôd do pôdy. V tabuľke č. 2 je výpis hodnôt niektorých tematických charakteristík (tabuľka môže mať až 26 polí, pretože vznikla z atribútov *PODA\_I2* a *KGEJ2\_I4*).

**Tab. 2. Interakcie areálov pôdnych typov a subtypov s areálmi KGEJ s hodnotou atribútu *HĽBKA\_PV* 0-0,5 m**

kód areálu pôdneho typu	pôdny typ	pôdny subtyp	typ KGEJ	hĺbka hl. podz. vody
1015	fm	g	1.3	0-0,5
1020	gl	m	1.3	0-0,5
1020	gl	m	1.3	0-0,5
1031	fm	m	1.4	0-0,5
1033	fm	m	1.4	0-0,5
1038	fm	m	1.3	0-0,5
1047	fm	g	1.3	0-0,5
1048	vp		1.3	0-0,5
1049	fm	m	1.3	0-0,5
1052	fm	m	1.4	0-0,5
1054	fm	a	1.4	0-0,5
1062	fm	g	1.4	0-0,5
1070	fm	g	1.3	0-0,5
1074	gl	m	1.3	0-0,5
1075	gl	m	1.3	0-0,5
1076	fm	m	1.3	0-0,5
1110	fm	a	1.3	0-0,5
1112	fm	a	1.3	0-0,5
1113	fm	m	1.3	0-0,5
1118	fm	g	1.3	0-0,5
1125	gl	m	1.3	0-0,5
1170	fm	ga	1.3	0-0,5
1196	fm	g	1.3	0-0,5
1210	fm	m	1.3	0-0,5

*Operačné možnosti* geografickej databázy predstavujú potenciál geografickej databázy vytvárať priestorové štruktúry s úplnou geografickou informáciou. Komplexnosť geografickej informácie umožňuje hodnotiť operačné možnosti podľa priestorového, časového a tematického komponentu.

Z priestorového hľadiska operačné možnosti predstavujú množinu interakcií medzi objektami geografickej databázy. Výsledkom týchto interakcií je množina topologických prvkov, ktoré predstavujú priestorové elementy - mozaiku potenciálnych priestorových štruktúr. Zatiaľ čo množstvo interakcií medzi  $n$  objektami geografickej



Obr. 3. Modelovanie priestorových štruktúr pôdnych typov, subtypov a komplexných geoeologických jednotiek (KGEJ).

databázy možno vyjadriť  $n.(n-1)$ , množstvo topologických prvkov závisí od veľkosti a kompaktnosti priestorových objektov, z ktorých sú topologické prvky generované.

Z tematického hľadiska operačné možnosti geografickej databázy možno vyjadriť sumou počtu polí všetkých atribútových tabuliek. To však platí len pre tie tabuľky, ktoré priamo alebo nepriamo (prostredníctvom vzájomných relácií atribútových tabuliek) interagujú aspoň s jedným priestorovým objektom.

Z časového hľadiska možno operačné možnosti geografickej databázy vyjadriť počtom atribútových tabuliek s rovnakou štruktúrou tematických polí, ktorých hodnota záznamov má špecifickú časovú platnosť.

Narastajúce množstvo interakcií v databáze priamo podmieňuje aj *neurčitost' geografickej informácie*. Taktó množstvo priestorových objektov, ako aj veľkosť ich topologickej štruktúry podmieňuje neurčitost' priestorového komponentu geografickej informácie. Tematická a časová pestrosť atribútov databázy na jednej strane zvyšuje potenciál databázy generovať geografické informácie, avšak zvyšuje aj pravdepodobnosť výskytu chýb. V prípade priestorového komponentu dochádza k znásobovaniu polohovej chyby atď.

Vyjadrenie operačných možností geografickej databázy okrem formálneho významu taktó nadobúda zmysel pri tvorbe kritérií na hodnotenie prípustnej miery neurčitosti geografickej informácie, ktorá je geografickou databázou generovaná. To znamená, že pri hodnotení kvality priestorového komponentu geografickej databázy z hľadiska správnosti a rozlišovacej schopnosti by okrem štandardne používaného kritéria mierky malo pribudnúť aj hodnotenie vplyvu topologickej štruktúry objektov geografickej databázy (množstvo interakcií, veľkosť topologických prvkov - hrán a povrchov) na kvalitu priestorového komponentu geografickej informácie. Podrobná analýza tohto problému však presahuje rámec práce.

## 5. ZÁVER

Práca prezentuje kritériá hodnotenia kvality geografickej informácie, v zmysle ktorých sú potom formulované a demonštrované zásady chápania a tvorby geografickej databázy. Práca pojednáva o vyjadrení štruktúry, funkcií a o operačných možnostiach geografickej databázy, ktorými je špecifická. Podrobná analýza geografickej databázy je nevyhnutná z hľadiska potreby kritérií na vyjadrenie miery neurčitosti geografickej informácie, ktorá je databázou generovaná. Týmto práca nadväzuje na zásady prístupu geografickej informačnej vedy k problému narastajúceho významu komplexnej geografickej informácie v rozhodovacích procesoch.

## LITERATÚRA

- BRASSEL, K., BUCHER, F., STEPHAN, E. M., VCKOVSKI, A. (1995). Completeness. In Guptill, S. C., ed. *Elements of spatial data quality*. London (Elsevier).
- GOODCHILD, M.F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6, 31-45.
- GOODCHILD, M. F. (1997). What is Geographic Information Science? *NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science*, URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/gisc/units/u002/u002.html>.

- KRCHO, J., SOJÁK, L., KANIANSKY, D., MACÁŠEK, F., KRIŠTÍN, J., MIČIETA, K., KOREC, P., JURÁNI, B., TRIZNA, M., MINÁR, J., MIČIETOVÁ, E. (1999). *Hodnotenie ekotoxikologických faktorov v životnom prostredí SR, ich minimalizácia a modelovanie v environmentálnom GIS-e*. Projekt SO 05/95, záverečná správa. Katedra kartografie, geoinformatiky a diaľkového prieskumu zeme, PrirF UK, Bratislava.
- MIČIETOVÁ, E. (1998) Geografický projekt MGE ako infromatický nástroj riešenia úloh v GIS-e. *Kartografické listy*, 6, 87-100.
- VEREGIN, H. (1998) Data quality measurement and assessment. *NCGIA Core Curriculum in GIScience*: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u100/u100.html>.
- WRIGHT, D. J., GOODCHILD, M. F., PROCTOR, J. D. (1997) Demystifying the persistent ambiguity of GIS as "tool" versus "science". *Annals of the Association of American Geographers*, 87, 346-362.

*Eva Mičietová*

## QUALITY, FUNCTIONS AND OPERATIONAL POSSIBILITIES OF THE GIS DATABASE

The aim of the study is to assess the quality of geographical database and to quote its operational possibilities from the point of view of its principal function: generation of geographical information. It presents methodology of creation, quality assessment, and the essence (structure, functions and operational possibilities - Figs. 1, 2, 3, and tab. 2) of the geographical database in the sense of the contemporary principles of geomatics (Goodchild 1992, 1997, Wright et al. 1997) leaning on results of the SO 05/95 (Krcho et al. 1999) project.

Quality assessment of the geographical database follows the essence of geoinformation and generally accepted principles of quality and coherence of the system generating such data:

a) Geoinformation has three dimensions - spatial, temporal and thematic. Conventional interpretation of geoinformation which stresses the attribute of spatiality is rather problematic as it ignores the spatial-temporal linkage in relation to the theme and consequently also the very geographical essence of study of landscape.

b) The data representing the spatial, temporal, and thematic dimensions are the carriers of geoinformation within geographical database. Their quality is assessed by application of general criteria - correctness, resolution, consistency and completeness (Brassel et al. 1995). While the first two of them are used for assessment of the properties of elements (objects, attributes) of geographical database, consistency and completeness express the capability to create interactions between the elements supporting the coherence and operational possibilities of the GIS.

The study points out the meaning of expression of the operational possibilities of geographical database for the assessment of uncertainty rate of geoinformation generated by the geographical database. Assessment of the quality of spatial component of the geographical database from the point of view of correctness and resolution capacity beside the criterion of scale should also contain the evaluation of the effect of topological structure of objects of geographical database (amount of interactions, size of topological elements - edges and surfaces) on the quality of spatial component of geoinformation.

Assessment of structure of geographical database, expression of its functions and operational possibilities can represent the salient point on the way to generation of more precise quality standards of spatial data and creation of quality criteria of the database structure for the needs of the State Information System.

Fig. 1. Logical model of the SO 05/95 EGIS database.

Fig. 2. Physical model of the SO 05/95 EGIS database.

Fig. 3. Modelling of spatial structures of soil types, subtypes and comprehensive geoecological units (KGEJ).

Tab. 1. Entities of model territory, which are the subjects of generation of geographical database.

Tab. 2. Interactions of soil type and subtype areas with KGEJ areas with the value of attribute ground water depth 0-0.5 m.

Translated by H. Contrerasová