

Eva MIČIETOVÁ

GEOGRAFICKÝ PROJEKT MGE AKO INFORMATICKÝ NÁSTROJ RIEŠENIA ÚLOH V GIS-E

Mičietová Eva: The Geographic MGE Project as a Tool for Solution of Tasks in GIS.
Kartografické listy, 1998, 6, 2 figs., 1 tab., 10 refs.

Abstract: Article deals with principles of formulating geographic project in the environment of geographic information system. This system is conceived as modelling tool, informatic tool and functional technological environment. Starting point of realisation of geographic project in GIS is conception design of data model, its implementation in suitable technological environment with the assertion of geographic database with its own system of database management. Vital condition of functionality of geographic database is ability of spatial relations - topological structure of geographic objects comprised thereto. Thus constructed database is the platform of applying model tools for evaluation of important dynamic events in geographic domain.

Keywords: GIS, geographic database, data model of geographic database, logical and physical structure of geographic database, structure of spatial objects, spatial operators, topology.

1. Úvod

Teoreticky dobre koncipovaný geografický informačný systém (GIS) je významný nástroj, ktorý umožňuje komplexný a dynamický prístup k hodnoteniu priestorových objektov krajiny, ako aj modelovanie vertikálnych a horizontálnych vzťahov medzi nimi. Zavedenie GIS-u na riešenie špecifického problému s vyššie uvedenými atribútmi dynamiky, priestorovosti a komplexnosti predstavuje tri úrovne a etapy implementácie.

Prvá etapa je koncipovanie GIS-u ako modelovacieho nástroja. Táto etapa predstavuje vlastnú formuláciu úlohy, špecifikáciu metodiky jej riešenia, výber analytických modelovacích nástrojov, ktoré bude stanovená metodika používať, spracovanie integrovaných postupov aplikácie analytických nástrojov a odvodenie nových informácií. Táto etapa sa zameriava súčasne na podrobnú analýzu potrebných údajov, ktoré vstupujú do čiastkových analytických nástrojov, analýzu polohovej presnosti riešenia priestorovej úlohy, analýzu východiskových údajov z hľadiska ich časovej platnosti, polohového určenia, priestorovej organizácie a informačnej hodnoty.

Druhá etapa implementácie GIS-u predstavuje koncipovanie informatických nástrojov potrebných na realizáciu vyššie formulovaného geografického projektu. Na jednotlivých úrovniach GIS-u sa uplatňujú špecifické informatické nástroje. Na úrovni zberu a prvotného spracovania údajov sú to nástroje na digitalizáciu analógových údajov, nástroje na klasifikáciu a interpretáciu digitálnych údajov, nástroje na polohovú lokalizáciu a polohovú integráciu údajov s požadovanou polohovou presnosťou. Na úrovni úschovy, archivácie a aktualizácie údajov GIS-u sa uplatňujú informatické nástroje bázy údajov a systému riadenia bázy údajov, dopytovacie analytické nástroje umožňujúce čiastkové a kombinované dopyty na priestorové objekty a atribúty s možnosťou vyjadrenia priestorových vzťahov priestorových objektov geografickej bázy údajov. Na úrovni odvodenia informácií sa uplatňujú mode-

lovacie nástroje na vyjadrenie štruktúrnych vlastností priestorových objektov (napr. komplexný digitálny model georeliéfu) ako aj nástroje na modelovanie toku látok, energie a informácie v najširšom slova zmysle. Na úrovni odvodenia informácií v GIS-e sú nevyhnutnou súčasťou aj infromatické nástroje na grafickú interpretáciu priestorových štruktúr a ich kartografické modelovanie. Poslednú úroveň GIS-u – úroveň distribúcie informácií v súčasnosti zabezpečujú nástroje tzv. univerzálnej geografickej komunikácie, ktoré umožňujú v prostredí siete INTERNET vzájomnú výmenu údajov, databáz, modelov a kartografických digitálnych výstupov v zmysle dohodnutých medzinárodných štandardov výmenných formátov priestorových údajov.

Tretia etapa implementácie GIS-u je zavedenie technológií, ktoré zabezpečujú realizáciu geografického projektu a poskytujú adekvátne infromatické nástroje. Výber a implementácia technológie je však len postačujúcou podmienkou riešenia geografickej úlohy v GIS-e. Nevyhnutnou podmienkou je vytvorenie funkčnej údajovej platformy. Touto platformou je údajový model, geografická báza údajov, systém riadenia bázy údajov a flexibilný dopytovací systém. Tieto komponenty predstavujú operačný priestor systému GIS, s ktorým komunikujú špecifické analytické a modelovacie nástroje.

Cieľom príspevku je dokumentovať formuláciu geografického projektu v GIS-e s dôrazom na zásady jeho fungovania ako modelovacieho, infromatického a technologického nástroja. Postup uvedený v práci bol uplatnený pri riešení vedeckého projektu **Hodnotenie ekotoxikologických faktorov v životnom prostredí SR, ich minimalizácia a modelovanie v environmentálnom geoinformačnom systéme (EGIS)**. Cieľom projektu je uplatnenie metodiky bioindikácie toxických vplyvov v životnom prostredí, výber a hodnotenie ekotoxikologických faktorov, ktoré štatisticky preukazne podmieňujú bioindikáciu toxicity, analýza transformácie týchto toxických látok v priestore a čase a hodnotenie vplyvu vybraných ekotoxikologických faktorov na zložky krajiny (KRCHO et al. 1995, KRCHO et al. 1996, KRCHO et al. 1997).

EGIS je budovaný na platforme štandardnej technológie GIS MGE fy Intergraph, ktorá predstavuje v súčasnosti jeden z najsilnejších komerčných produktov vhodných na riešenie zložitých geografických projektov s uplatnením všetkých atribútov geografickej bázy údajov. Systém má modulárnu štruktúru, je vybavený rozsiahlou analytickou nadstavbou. Environmentálne analýzy v tomto prostredí zabezpečuje skupina modulov ERMA, ktorá rieši najmä modelovanie dynamických javov podmienených prúdením podzemnej vody a šírením znečisťujúcich látok.

Koncepcia technologického zabezpečenia budovaného EGIS-u bola komplexne spracovaná ako samostatná etapa riešenia projektu s ohľadom na modelovacie funkcie systému, infromatické funkcie systému, ako aj technologickú platformu súčasných komerčných GIS-ov (MIČIETOVÁ 1996). V druhej etape tvorby EGIS-u prebiehala implementácia technologického prostredia MGE, návrh koncepcie údajového modelu a jej realizácia na platforme geografickej bázy údajov s možnosťou topologickej analýzy priestorových štruktúr.

Príspevok podáva informáciu o zásadách tvorby geografickej bázy údajov projektu MGE ako východisko na riešenie environmentálnych analýz.

2. GIS ako infromatický nástroj na realizáciu geografických projektov

GIS chápeme 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 funkč-

ným prvkom, 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.

Špecifikum GIS-ov je dané povahou časovo-priestorových väzieb v geografickej sfére, výsledkom ktorých je špecifická diferenciacia priestorových štruktúr geografickej sféry. Analýza priestorovej diferenciacie štruktúr geografickej sféry - analytického alebo komplexného charakteru - je základom geografických úloh, ktoré predstavujú konkretizáciu postupov hodnotenia krajiny z hľadiska rôznych stratégií .

Geografický projekt v prostredí GIS-u chápeme ako špecifickú štruktúru obsahujúcu:

- množinu údajov charakterizujúcich kritériá hodnotenia objektu - krajiny v zmysle príslušnej stratégie riadenia,
- množinu základných údajov charakterizujúcich objekt - krajinu z hľadiska stanovených kritérií hodnotenia,
- množinu analytických a technologických nástrojov potrebných na spracovanie vyššie uvedených údajov,
- množinu postupov na uplatnenie čiastkových analytických nástrojov v kontexte celkovej metodiky riešenia geografickej úlohy.

Koncepcia geografického projektu v GIS-e predstavuje teda špecifikáciu jedinečnej štruktúry údajov, metodických postupov, analytických a technologických nástrojov, ktoré vyžaduje riešenie špecifickej geografickej úlohy v súlade s určitou stratégiou riadenia. Jeden geografický projekt môže vyhovovať určitej triede geografických úloh, pričom tá istá koncepcia geografického projektu je použiteľná pre rôzne územia.

3. Údajový model geografického projektu - základné princípy

Základom geografického projektu v GIS-e je údajový model a flexibilné technologické prostredie, v ktorom údajový model funguje. Platformou fungovania údajového modelu je geografická báza údajov, systém riadenia bázy údajov a dopytovací aparát, ktorý zabezpečuje manipuláciu s údajmi na princípe komplexnosti, priestorovosti a dynamiky. Údajový model vytvára množina prvkov - údajových súborov, nad ktorými sú definované väzby - vzájomné prepojenia údajov v súboroch. Báza údajov GIS-u je prostredie fyzickej existencie údajov údajového modelu, systém riadenia bázy údajov je prostredím realizácie väzieb medzi prvkami údajového modelu. Definovať štruktúru údajového modelu znamená špecifikovať množinu jeho prvkov a väzieb medzi nimi.

Prvky údajového modelu geografickej bázy údajov tvorí množina polohovo lokalizovaných geografických (priestorových) objektov v zvolenej súradnicovej sústave a množina atribútov - charakteristík vlastností prvkov geografickej sféry, alebo iných odvodených charakteristík vzťahujúcich sa k priestorovým objektom geografickej bázy údajov. Podrobnejšia špecifikácia prvkov údajového modelu vychádza z hierarchizácie priestorových a nepriestorových prvkov bázy údajov GIS-u.

V množine priestorových objektov uvažujeme tieto hierarchické úrovne v zmysle pojmového aparátu systému MGE, ktorý je ďalej presne definovaný:

- mapový prvok ako špecifikovaný (rieka, cesta, železnica...) priestorový objekt typu bod, línia, areál, centroid, raster, individuálna entita zobrazená v mape, ktorá má špecifickú polohu, tvar a nepriestorové atribúty,

- mapa ako súbor príbuzných mapových prvkov v definovanom horizontálnom výreze geografickej sféry (mapový list),
- kategória ako súbor príbuzných mapových prvkov,
- geografický index ako súbor priestorových objektov všetkých máp všetkých kategórií záujmového územia riešenia geografickej úlohy.

V množine atribútov sú údaje štruktúrované vo forme relačných tabuliek. V báze údajov GIS-u sú dva druhy tabuliek: tabuľky o grafických objektoch - TO, (tabuľky mapových prvkov, tabuľky máp, tabuľky kategórií) a tabuľky definujúce štruktúru vlastných atribútov - TA, priradených k jednotlivým priestorovým objektom (mapovým prvkom):

- katalóg tabuliek atribútov, ktorý obsahuje súhrnnú informáciu o všetkých tabuľkách atribútov používaných jedným geografickým projektom,
- jednotlivé tabuľky atribútov,
- tabuľky relácií (zabezpečujúce funkcie indexového prehľadávania atribútových tabuliek, relačného prepojenia tabuliek a prezerania relačne prepojených tabuliek) definovaných medzi čiastkovými atribútovými.

Medzi tabuľkami TO a TA sú definované väzby - prepojenia štyroch úrovní:

- prepojenia medzi tabuľkami mapových prvkov, máp a tabuľkami kategórií,
- prepojenia medzi jednotlivými tabuľkami atribútov a mapových prvkov,
- prepojenia medzi tabuľkami atribútov a tabuľkami máp,
- relačné prepojenia medzi tabuľkami atribútov navzájom.

Geografický projekt využíva špecifické typy geografických objektov (mapových prvkov), ktoré sú digitálne usporiadané v určitom horizontálnom členení (kladov listov máp), tematicky usporiadané do rôznych kategórií. K mapovým prvkom jednotlivých kategórií sú pripojené atribútové tabuľky so špecifickou štruktúrou relácií. Z uvedeného vyplýva, že štruktúra údajového modelu je pre rôzne geografické projekty špecifická. Ten istý údajový model je použiteľný v rôznych technologických prostrediach GIS-u, ktorých údajová báza je relačná.

Podmienkou implementácie údajového modelu geografického projektu je existencia flexibilného systému riadenia bázy údajov, ktorý zabezpečí prepojenie a komunikáciu objektov a atribútov geografickej bázy údajov a definovanie relácií medzi tabuľkami TO a TA. 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. Operačné možnosti geografickej bázy údajov bez možnosti definovania topologickej štruktúry priestorových objektov sú triviálne - báza údajov plní funkciu inteligentného prehliadača, avšak nespĺňa požiadavky geografických úloh. **Preto považujeme existenciu dopytovacieho systému, ktorý nad vybranými priestorovými objektmi geografickej bázy údajov definuje topologické prvky a topologickú štruktúru, za základný atribút, ktorý odlišuje veľakrát diskutované pojmy - geografický a geoinformačný systém.**

4. Zavedenie geografického projektu v systéme MGE

Podmienkou zavedenia geografického projektu v prostredí MGE a overenia jeho funkčnosti na vybranom type údajov je inštalácia komponentov systému, ktoré zabezpečujú základné funkcie: zriadenie geografického projektu, komunikácia jeho údajového modelu s relačnou bázou údajov a modelovanie priestorových vzťahov geografických objektov geografickej bázy údajov systému.

4.1. Základné komponenty systému MGE

MICROSTATION je grafické prostredie systému, v ktorom je možné realizovať interaktívnu komunikáciu s údajovým modelom geografického projektu. Obsahuje polohopisné údaje o priestorových objektoch geografickej bázy údajov.

MS SQL SERVER je relačný systém bázy údajov, ktorý je nástrojom na správu systémových tabuliek a tabuliek nepriestorových údajov geografickej bázy údajov (všetkých typov tabuliek o objektoch a atribútoch špecifikovaných vyššie).

MGE SX (MGE Basic Nucleus, MGE Basic Administrator, MGE Base Mapper) je súbor modulov, ktoré tvoria technologické komponenty systému riadenia bázy údajov údajového modelu geografického projektu. Zabezpečujú zriadenie systémových a užívateľských tabuliek geografického projektu v prostredí MGE, interaktívnu i dávkovú komunikáciu s priestorovými aj nepriestorovými údajmi a komunikáciu s grafickým prostredím systému tak, že interaktívna komunikácia s priestorovými objektmi sa v prípade ich modifikácie priamo premieňa do systému bázy údajov a grafického prostredia.

MGE PROJECTION MANAGER je modul zabezpečujúci všetky typy transformácií súradníc: transformácie kartografických systémov, transformácie geodetických súradnicových systémov a všeobecné geometrické transformácie medzi dvoma rovinnými systémami.

RIS (Relational Interface System) zabezpečuje komunikáciu medzi relačným systémom bázy údajov MS SQL (produkt fy Microsoft) a MGE SX.

MGE ANALYST je modul, ktorý zabezpečuje analytické funkcie definované nad bázou údajov geografického projektu vychádzajúce z topologickej štruktúry priestorových objektov a relačných prepojení medzi tabuľkami atribúrov.

4.2. Komponenty systému MGE na prvotné spracovanie údajov

Tieto komponenty sú podmienkou na spracovanie analógových údajov, údajov v digitálnej forme získaných skenovaním analógových podkladov vyžadujúcich vektorizáciu, alebo údajov diaľkového prieskumu Zeme, vyžadujúcich špeciálne formy spracovania obrazu s cieľom mapovania priestorových objektov a získania špeciálnych tematických informácií interpretáciou odrazových charakteristík skúmaného javu.

IRASB je modul, ktorý priamo komunikuje s grafickým prostredím systému a slúži na spracovanie čiernobielych rastrov, vo forme ktorých sa získava prevažná väčšina základných polohopisných a výškopisných údajov.

MBI, MAI (MGE Base Imager, MGE Advanced Imager) sú moduly na spracovanie farebných rastrov (leteckých spektrozónálnych a multispektrálnych a družicových multispektrálnych snímok). Zabezpečujú polohové priradenie rastra do súradnicového systému a metódiu klasifikácie obrazu. Umožňujú automatizovanú konverziu rastra do vektorovej formy priestorovej organizácie údajov (generovanie hraníc vyklasifikovaných areálov), čo je významné z hľadiska možnosti priameho zápisu vyklasifikovaných priestorových objektov do bázy údajov údajového modelu.

IGEOVEC zabezpečuje vektorizáciu čiernobielych rastrov. Je významným nástrojom na prvotné spracovanie údajov v rámci GIS-u. Umožňuje štruktúrovanie priestorových objektov podľa požiadaviek systému riadenia bázy údajov tak, aby vektorizované objekty mohli byť dávkovým spôsobom zapísané do bázy údajov údajového modelu geografického projektu.

4.3. Zavedenie technologického systému MGE

Základné komponenty technologického prostredia MGE ako aj doplnkové moduly na prvotné spracovanie údajov predstavujú ako celok výkonný nástroj na zriadenie a správu geografických projektov. Samotné zavedenie systému MGE však nemožno stotožňovať s jednoduchou inštaláciou čiastkových modulov, pretože táto nerieši problém metodiky zriadenia, napĺňania a vhodného štruktúrovania geografického projektu. Na základe jedno-ročnej intenzívnej práce so systémom MGE možno konštatovať, že najväčším problémom v prípravnej etape tvorby GIS-u bolo zvládnutie syntakticky veľmi náročného aparátu jednotlivých modulov, osvojenie si metodiky ich používania, ako aj vytvorenie vlastného optimalizovaného postupu napĺňania údajového modelu. Z tohto hľadiska považujeme vytvorenú metodiku zriadenia projektu a napĺňania jeho údajového modelu za jeden z významných výsledkov tejto etapy tvorby GIS-u.

Pri formulácii uvedenej metodiky budeme používať pojmový aparát systému MGE, ktorý pre jeho špecifičnosť, ako aj v dôsledku absencie jednoznačného pojmového aparátu prvkov logickej a fyzickej štruktúry geoinformačných systémov, bude v nasledujúcej časti postupne definovaný.

4.3.1. Pojmový aparát

DGN výkres je údajový súbor *.dgn (design file), ktorý obsahuje polohopisné údaje (rovinné súradnice) o *grafických prvkoch* zobrazených v prostredí MICROSTATION, ako aj ich grafické atribúty, ktoré označujeme spoločným pojmom *symbolika* (farba, hrúbka čiary, štýl čiary, spôsob výplne plošných grafických prvkov atď.). DGN výkres neobsahuje definíciu súradnicového systému v zmysle špecifikácie zobrazovacej roviny kartografického zobrazenia (tzv. prvok 56 v zmysle pojmového aparátu MGE). Grafické prvky DGN výkresu sú štruktúrované do 63 úrovní (*levels*).

Mapa je údajový súbor typu *.dgn, ktorý však na rozdiel od DGN výkresu obsahuje prvok 56 - definovaný súradnicový systém špecifikovaného kartografického zobrazenia. Systém riadenia bázy údajov MGE SX komunikuje s mapami. Na rozdiel od prvkov DGN výkresu, ktoré označujeme pojmom grafické prvky (body, línie, areály, atď.), prvkami mapy sú (geo)grafické objekty (features - rieky, cesty, hranice obcí atď.), ktoré označujeme pojmom *mapové prvky*. *Mapové prvky* sú fyzicky obsiahnuté v mape formou grafických prvkov, logicky sú však zadefinované v báze údajov údajového modelu formou špecifikovaného priestorového (geografického) objektu .

Kartografický systém, ktorý je platformou polohovej lokalizácie grafických objektov každej mapy, sa implementuje do *.dgn súboru pri prvom otvorení tohoto súboru na základe použitej *šablóny*. *Šablóna* (seed file) je dgn výkres, ktorý má špecifikované atribúty potrebné na zriadenie každej mapy. Sú to:

- dimenzia mapy (2D, 3D),
- súradnicový systém (primárny a sekundárny),
- model transformácie geodetických súradnicových systémov,
- nastavenie miery pracovných jednotiek a ich numerickej presnosti.

4.3.2. Fyzická štruktúra údajového modelu

Mapové prvky sú v rámci jedného geografického projektu hierarchicky usporiadané do kategórií (pedosféra, atmosféra, biosféra...). Pri tvorbe geografickej bázy údajov údajového modelu so systémom riadenia bázy údajov MGE SX platí pravidlo: **Jedna mapa obsahuje prvky jednej kategórie** (jedna mapa môže obsahovať max. 63 úrovní mapových prvkov jednej kategórie). Štruktúra kategórií závisí od požiadaviek riešenej úlohy. Počet kategórií,

ako aj počet máp v rámci každej kategórie závisí od veľkosti územia a bohatosti obsahu (tematických) máp. Štruktúrovanie mapových prvkov, máp a kategórií je podmienené jednak prehľadnosťou údajového modelu bázy údajov, ale najmä obmedzením veľkosti DGN výkresu, ktorého veľkosť v grafickom prostredí MICROSTATION nesmie presiahnuť 32 MB.

Celostnosť prístupu k prvkom máp rôznych kategórií zabezpečuje v systéme MGE *geografický index*. Je to špecifický súbor *.idx, ktorý obsahuje informácie o polohovej lokalizácii všetkých mapových prvkov všetkých máp a všetkých kategórií obsiahnutých v báze údajov údajového modelu geografického projektu. Geografický index umožňuje formulovať priestorové dopyty na bázu údajov bez permanentnej a explicitnej špecifikácie fyzických súborov, v ktorých sú obsiahnuté dopyty na mapové prvky (a atribúty k nim priradené).

Prvkami fyzickej štruktúry údajového modelu sú tabuľky bázy údajov troch typov, obsiahnuté v prostredí systému MSSQL. *Tabuľka mapových prvkov* (feature table) je relačná tabuľka, ktorá obsahuje údaje o prepojení databázových záznamov o mapových prvkoch na grafické prvky v mape. Tabuľka atribútov je relačná tabuľka (attribute table), ktorá obsahuje tematické údaje, ako aj ich väzby (links) na mapové prvky. *Systémové tabuľky* sú relačné tabuľky bázy údajov, ktoré obsahujú vo všeobecnosti informácie o komplexe tabuliek mapových prvkov, tabuliek atribútov a ich prepojeniach v rámci jedného geografického projektu v prostredí systému riadenia bázy údajov MGE SX.

4.3.3. Logická štruktúra údajového modelu bázy údajov projektu

Táto štruktúra je tvorená prvkami - atribútovými tabuľkami vyššie uvedených typov, ako aj väzbami medzi nimi. Väzby medzi prvkami logickej štruktúry údajového modelu bázy údajov projektu vyjadrujú hierarchiu kategórií mapových prvkov, vzájomné väzby tabuliek mapových prvkov a tabuliek atribútov, pričom platí, že:

- jedna tabuľka mapových prvkov môže byť prepojená len s jednou tabuľkou atribútov,
- jedna tabuľka atribútov môže byť prepojená s viacerými tabuľkami mapových prvkov,
- tabuľka atribútov a tabuľka mapových prvkov nemusia byť vzájomne prepojené.

Projekt MGE je súbor *.mge, ktorý obsahuje metainformácie

- o rozmiestnení všetkých údajov údajového modelu geografického projektu, ktoré sú obsiahnuté v relačnej báze údajov, aj o údajoch, ktoré v nej obsiahnuté nie sú, ale sú súčasťou projektu MGE,
- informácie o umiestnení relačnej bázy údajov a deklarácii prístupových práv na komunikáciu s ňou.
- informácie o analytických nástrojoch, s ktorými údajový model komunikuje.

Pri zriadení projektu MGE platí pravidlo: **jeden projekt MGE = jedna báza údajov = jeden súradnicový systém (jedna šablóna)**.

4.3.4. Jednotná polohová lokalizácia údajov geografického projektu

Východiskom na zabezpečenie logického zjednotenia údajov v báze údajov geografického informačného systému je jednotná polohová lokalizácia údajov. Zjednoteniu polohovej lokalizácie údajov predchádza analýza zdrojov údajov a formy ich polohového určenia. V súčasnosti možno konštatovať, že dostupné údaje z monitorovacích systémov (alebo iných doplnkových zdrojov) majú tieto formy polohového určenia:

- rovinný súradnicový systém S-JTSK (Křovákovo zobrazenia),
- rovinný systém S-42 (Gaussovho-Krügerovo zobrazenia),
- priestorový súradnicový systém (Δ, Φ, Λ) alebo pravouhlý priestorový súradnicový systém (O, X, Y, Z) uvažovaný pre elipsoid Krasovského, Bessela a WGS 84,
- nedefinovaný rovinný súradnicový systém, napr. leteckých a družicových snímok.

Pri výbere súradnicového systému sme vychádzali z dvoch skutočností:

- že sa stále používajú obidva štandardé súradnicové systémy,
- že technologické vybavenie GIS MGE umožňuje prácu s viacerými súradnicovými systémami v rámci jednej šablóny súčasne v rámci jedného projektu.

Jednotnú polohovú lokalizáciu údajov sme preto zabezpečili definovaním primárneho a sekundárneho súradnicového systému, medzi ktorými je možné operatívne transformovať súradnice priestorových objektov. Primárnou platformou priestorových analýz všetkých druhov (topologických dopytov na priestorové objekty v rámci vektorových objektov, ale aj dopytov na úrovni rastrových vrstiev) je platforma súradnicového systému S-42.

Jednotná polohová lokalizácia údajov v GIS-e sa realizuje prostredníctvom troch typov transformácií súradníc:

- kartografických transformácií medzi priestorovými súradnicovými systémami (O, X, Y, Z) , resp. (S, φ, λ) a roviným systémom (O, X, Y) , pričom priestorové súradnicové systémy sú uvažované k jednotlivým geodetickým súradnicovým systémom definovania referenčného elipsoidu, a rovinné súradnicové systémy predstavujú zobrazenia (Gaussovo-Krügerovo, Křovákovo, Lambertovo rovnakoplošné zobrazenie a.i.), na základe známych transformačných vzťahov:

$$\begin{aligned}x &= f(\varphi, \lambda) & \varphi &= F(x, y) \\y &= g(\varphi, \lambda) & \lambda &= G(x, y)\end{aligned}$$

kde f, g, F, G , sú záme analytické transformačné vzťahy obidvoch typov kartografických zobrazení,

- transformácie geodetických súradnicových systémov medzi súradnicovými systémami

$$(O_1, X_1, Y_1, Z_1) \Leftrightarrow (O_2, X_2, Y_2, Z_2),$$

ktoré sa realizujú početnými metódami, napr. BURSA WOLF (MGE PROJECTION MANAGER DOKUMENTATION),

- geometrické transformácie z roviny do roviny (O_1, X_1, Y_1) a (O_2, X_2, Y_2) , ktoré sa uskutočňujú známymi metódami, napr. afinnou transformáciou, projektívnou transformáciou a inými polynomickými kvadratickými a kubickými interpolačnými a aproximačnými funkciami.

Nástrojom na realizáciu uvedených typov transformácií súradníc v budovanom GIS-e v technologickom prostredí MGE je modul PROJECTION MANAGER, ktorého implementácia bola nevyhnutnou podmienkou na definovanie jednotného lokalizačného systému bázy údajov možnosťou lokalizácie údajov v primárnom (S-42) a sekundárnom (S-JTSK) súradnicovom systéme.

5. Naplnenie projektu MGE

Naplnenie projektu MGE je postupnosť činností prvotného spracovania údajov, ich transformácie do údajových štruktúr projektu - najmä bázy údajov projektu, zostavenie topologických dopytov nad príslušnými priestorovými objektami, modelovanie priestorovej štruktúry objektov geografickej bázy údajov a využívanie analytických nástrojov projektu za účelom odvodenia nových informácií nad priestorovými štruktúrami objektov geografickej bázy údajov.

Pri realizácii komplexnej geografickej úlohy je potrebné analyzovať typy údajov, ktoré sa budú používať v rámci projektu. Pritom časť údajov môže byť zapísaná do bázy údajov a

časť údajov môže byť obsiahnutá v projekte MGE mimo relačného systému bázy údajov. V projekte MGE je možné priame používanie nasledujúcich typov údajových štruktúr:

- údajové štruktúry DGN - vektorové údaje vo formáte DGN,
- údajové štruktúry typu grid - vektorové údaje vo formáte GRD (grid),
- údajové štruktúry typu TIN - (nepravidelné trojuholníkové siete) - vektorové údaje vo formáte TTN,
- údajové štruktúry typu raster - rastrové údaje vo formátoch CIT, COT, RGB, TYP29, BMP, PCX, atď.

Pri štruktúrovaní vrstiev údajového modelu sme vychádzali zo základnej požiadavky, aby všetky spracované údaje o priestorových objektoch boli zapísané do relačnej bázy údajov systému a boli takto dostupné na všestranné topologické analýzy.

Podmienku interaktívnej a dávkovej komunikácie s bazou údajov systému spĺňajú v prostredí MGE výhradne vektorové údajové štruktúry DGN. Topologická analýza priestorových štruktúr v prostredí projektu MGE je však len jedna zo základných úloh, ktoré má GIS zabezpečovať v rámci riešenej úlohy. Druhou významnou úlohou prostredia GIS je implementácia širokého spektra údajových štruktúr na špecifické, teda nielen topologické analýzy. Tieto údajové štruktúry využívajú významné nástroje - GRID ANALYST, VOXEL ANALYST, TERRAIN ANALYST, MAP FINISHER, atď., ktoré pracujú nad jadrom MGE SX, ale využívajú celé spektrum vyššie uvedených údajových štruktúr, teda nielen DGN. Projekt MGE umožňuje ich operatívnu komunikáciu s uvedenými analytickými modulmi prostredníctvom nástrojov na transformáciu týchto rôznorodých údajových štruktúr.

Podmienkou použiteľnosti týchto rôznorodých údajových štruktúr v jednom geografickom projekte (fyzicky realizovateľnom v jednom alebo viacerých projektoch MGE) je jednotná polohová lokalizácia všetkých priestorových údajov všetkých typov údajových štruktúr, pretože všetky údajové štruktúry môžu komunikovať prostredníctvom máp (DGN súborov). Väzby všetkých údajových štruktúr na DGN a ich jednotná polohová lokalizácia vytvárajú takto podmienky na všestrannú manipuláciu na úrovni špecifických analytických nástrojov systému MGE a zároveň možnosť zápisu nových objektov (získaných ako výsledok použitia týchto nástrojov) do relačnej bázy údajov systému. Týmto sa zároveň rozširujú možnosti budovania topologických štruktúr priestorových objektov, a teda narastá potenciál geografickej bázy údajov na riešenie ďalších geografických úloh.

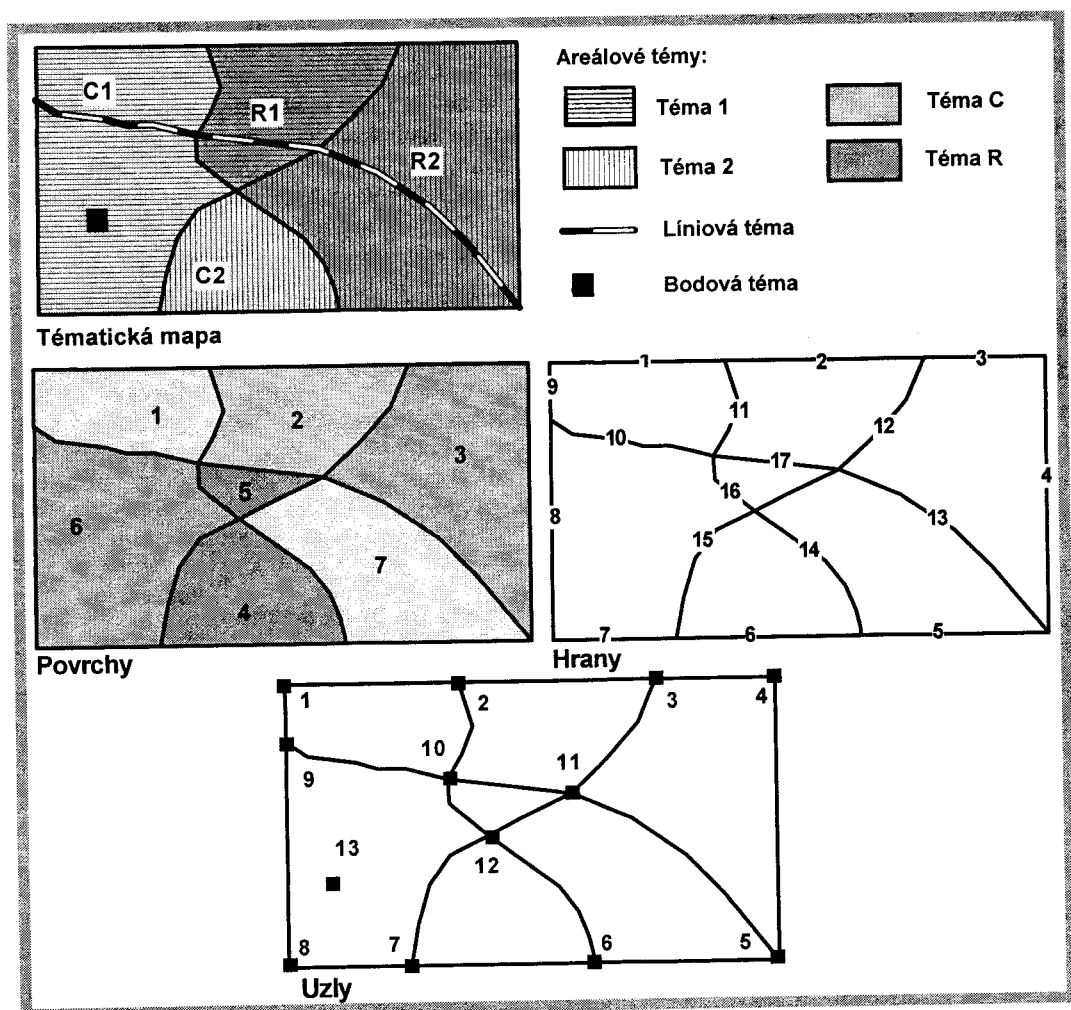
6. Budovanie topológie a dopyty na bázu údajov

Podmienkou všestrannej použiteľnosti geografickej bázy údajov GIS-u na riešenie priestorových geografických úloh je možnosť analýzy priestorových vzťahov v nej obsiahnutých priestorových objektov (mapových prvkov). Tieto funkcie môže geografická báza údajov zabezpečovať vtedy, ak:

- východiskové priestorové objekty sú prepojené na relačnú bázu údajov,
- relačné atribútové tabuľky sú prepojené na tieto priestorové objekty,
- existuje v systéme možnosť definovania topologických prvkov nad relevantnými priestorovými objektmi - jednotlivými 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 bázu údajov,
- systém obsahuje nástroje na uloženie novovzniknutých polytematických topologických štruktúr do relačnej bázy údajov (zápis nových priestorových objektov do grafického prostredia systému, ako aj do relačnej bázy údajov - zriadenie tabuliek TO a TA).

6.1. Topologické prvky a topologická štruktúra objektov geografickej bázy údajov

Jednou zo základných funkcií geografickej bázy údajov je operatívna tvorba tematických máp, ktorých obsah tvoria mapové prvky rôznych kategórií. Vyjadrenie priestorovej štruktúry objektov takejto tematickej mapy predstavuje schopnosť systému vyjadriť priestorové vzťahy *blízkości* alebo *susedstva* priestorových objektov typu *medzi*, *v rámci*, *vnútri*, *mimo*, *za*, *čiastočne medzi*, *čiastočne vnútri*, *šľastočne mimo*, atď., alebo typu *prekrýva*, *čiastočne obsahuje*, *leží na hranici*, *končí v..*, *je koncom* atď. Podmienkou vyjadrenia týchto vzťahov je tvorba topologických prvkov, ktoré vzniknú naložením priestorových objektov geografickej bázy údajov na seba. Mapové prvky ako priestorové objekty bázy údajov reprezentujú v grafickom prostredí systému tri základné typy grafických prvkov - body, línie a areály. Ich naložením v grafickom systéme sa generujú topologické prvky - **povrchy**, **hrany** a **uzly**. Na obr. 1 sa ilustruje postup generovania topologických prvkov z rôznorodých mapových prvkov.



Obr. 1 Schéma generovania topologických prvkov povrchov, hrán a uzlov, tvoriacich topologickú štruktúru areálových, líniových a bodových tematických mapových prvkov ako priestorových objektov geografickej bázy údajov GIS-u

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

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 bázu údajov.

Uzly sú 0-dimenzionálne topologické entity, reprezentujú začiatkový a koncový bod hran, pozíciu bodového mapového prvku a jeho prepojenia na relačnú bázu údajov.

Topologická štruktúra vyjadruje priestorové väzby topologických prvkov, ktoré vzniknú naložením vybraných mapových prvkov geografickej bázy údajov, ako aj väzby na tabuľky TO a TA relačnej bázy údajov, ktoré sú pripojené k východiskovým mapovým prvkom.

6.2. Štruktúra objektov geografickej bázy údajov

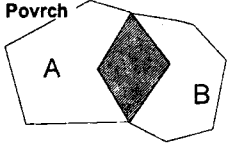
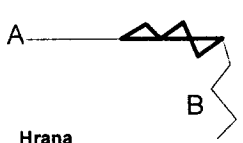

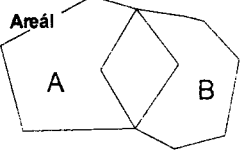
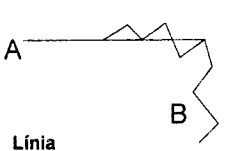

Z hľadiska vyhodnotenia vzťahov priestorových objektov geografickej bázy údajov rozlišujeme logickú a priestorovú štruktúru týchto objektov. Vyjadrenie obidvoch typov vzťahov zabezpečuje dopytovací systém, ktorý operuje nad topologickou štruktúrou uvažovaných priestorových objektov, ako aj nad relačnou bázou údajov. Prvkami dopytovacieho systému sú **operandsy** typu subjekt a kritérium a **operátory** - priestorové a logické.

Operand typu subjekt je priestorový objekt geografickej bázy údajov (mapový prvok), alebo topologický prvok, ktorý je vygenerovaný ako výsledok dopytu, formulovaného nad iným objektom alebo topologickým prvkom (objektmi, prvkami) na základe stanoveného kritéria (operandom typu kritérium).

Priestorové operátory: V geografických analýzach sa štandardne vyjadrujú priestorové vzťahy typu susedstva, napr. *medzi, v rámci, mimo, ...*, alebo vzťahy typu *subjekt pokrýva kritérium, subjekt čiastočne obsahuje kritérium, subjekt je čiastočne obsiahnutý kritériom, subjekt končí v kritériu, subjekt je koncom kritéria, atď.*

Logické operátory sa aplikujú nad operandami typu mapový prvok, alebo topologický prvok. Vyhodnotenie logických operácií nad mapovými a topologickými prvkami však nie je rovnaké, čo na príklade logického operátora AND znázorňuje tab. 1.

Tab. 1 Uplatnenie logických operátorov (na príklade operátora AND) nad topologickými prvkami a mapovými prvkami geografickej bázy údajov

<p>operátor AND (topologické elementy)</p>	<p>Povrch</p> 	<p>Hrana</p> 	<p>Uzol</p>  <p>A B AB</p>
<p>operátor AND (mapové prvky - témy)</p>	<p>Areál</p> 	<p>Línia</p> 	<p>Bod</p>  <p>A B AB</p>

6.3. Analýza priestorových objektov v MGE

Tieto funkcie geografickej bázy údajov v prostredí systému MGE zabezpečuje modul MGE ANALYST, ktorý funguje nad jadrom MGE SX, ale nie je jeho súčasťou. Zabezpečuje dve základné funkcie: budovanie topológie nad špecifikovanými kategóriami, mapami a ich mapovými prvkami (MGE Analyst - TOPO BUILDER) a formuláciu dopytov na bázu údajov na základe nástroja (QUERY BUILDER). Pri tvorbe topologických dopytov umožňuje MGE ANALYST definovanie 22 typov priestorových operátorov.

Tri vrstvy údajov v báze údajov systému MGE - údaje o reálnej vegetácii územia, údaje o morfometrických parametroch georeliéfu a údaje o pôdnych typoch boli východiskom na vybudovanie topológie nad týmito vrstvami, ako aj formuláciu dopytov.

Na obr. 2 je ukážka grafického výstupu dopytu na bázu údajov: *Výber všetkých areálov porastov topoľa, ktoré sa prekrývajú s areálmi nadmorskej výšky, kde je hodnota nadmorskej výšky v intervale 128-130 m.*

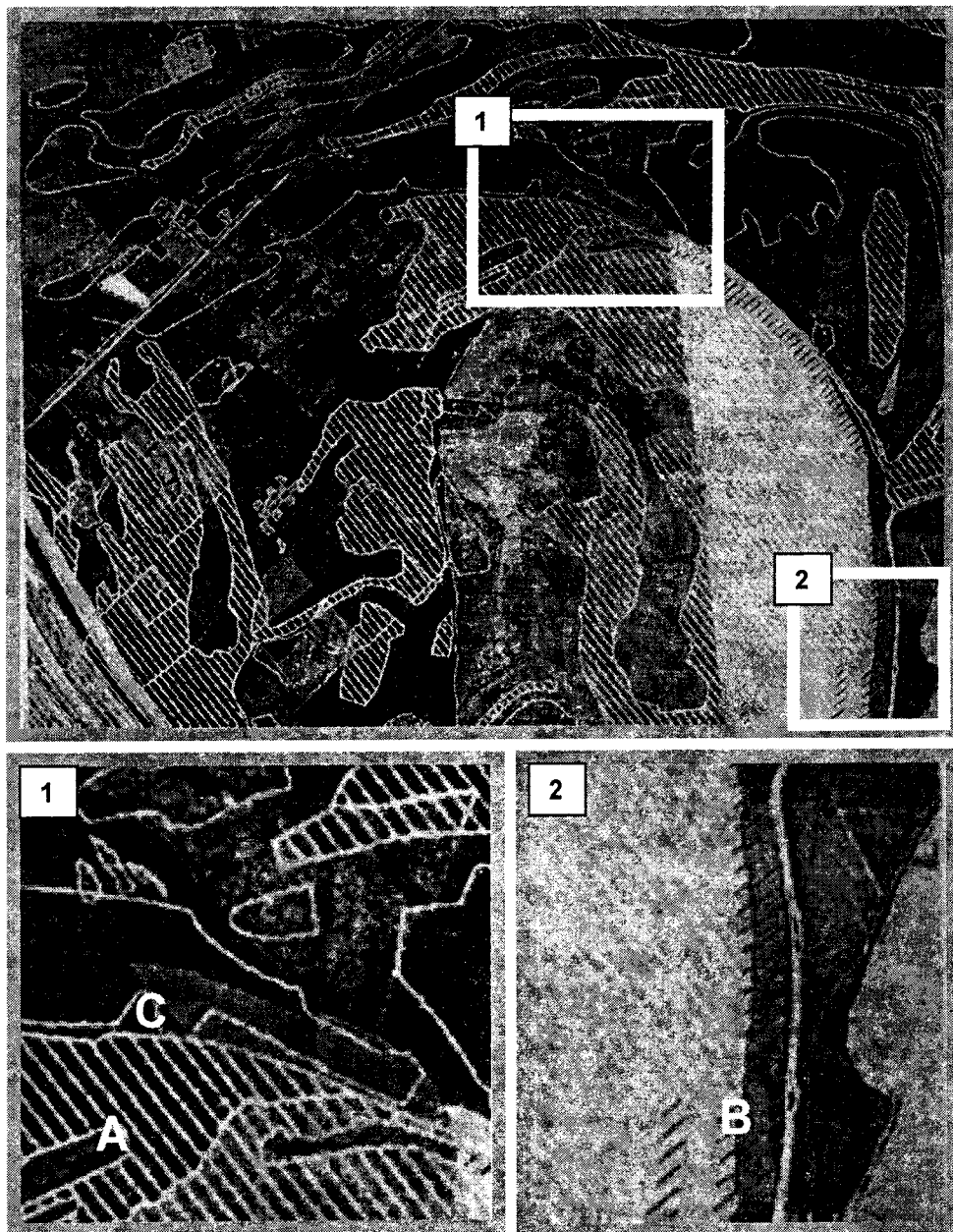
Uvedený príklad formulácie kombinovaného dopytu na bázu údajov a analýzy priestorových štruktúr v nej obsiahnutých geografických objektov (mapových prvkov), uzatvára etapu implementácie metodiky zariadenia a naplnenia údajového modelu MGE na platforme geografickej bázy údajov v prostredí relačného systému bázy údajov. Po naplnení bázy údajov relevantnými údajmi sú vytvorené podmienky implementácie a uplatnenia špeciálnych environmentálnych modelovacích nástrojov, ktoré fungujú nad relačnou bazou údajov geografického projektu, ako aj nad špecifickými údajovými štruktúrami, ktoré nemusia byť jej súčasťou.

7. Záver

V súlade s návrhom koncepcie geografického projektu je aj súčasný vývojový trend významných firiem v oblasti technológií GIS, ktoré vyvíjajú prostriedky univerzálnej geografickej komunikácie umožňujúce priame využitie údajových štruktúr rôznorodých technológií GIS. Nástroje univerzálnej geografickej komunikácie sú však len postačujúcou podmienkou na efektívne využívanie heterogénnych údajových štruktúr. Nevyhnutnou podmienkou celoplošného využívania komplexných a legislatívne zabezpečených metodických postupov je aj potreba unifikácie analytických a modelovacích nástrojov a vypracovanie jednotlivých metodík hodnotenia v nadväznosti na presnú špecifikáciu údajového modelu, ktorý sa uplatňuje pri riešení určitej geografickej úlohy. Geografický projekt sa chápe ako prostriedok presnej špecifikácie údajového modelu a informatických postupov realizácie metodiky riešenia geografickej úlohy. Touto úlohou má byť po ukončení vedeckého projektu (ktorého metodika riešenia a čiastkové výsledky sú dokumentované v tomto príspevku) metodika uplatnenia environmentálnej analýzy pomocou modulov ERMA zameraná na modelovanie dynamických javov podmienených prúdením podzemnej vody a šírením znečisťujúcich látok.

Literatúra

- KRCHO, J. et al. (1995): *Hodnotenie ekotoxikologických faktorov v SR, ich modelovanie a minimalizácia v environmentálnom geoinformačnom systéme*. Správa k predbežnej oponentúre. Dep. PRIF UK, 112 s.
- KRCHO, J. et al. (1996): *Hodnotenie ekotoxikologických faktorov v SR, ich modelovanie a minimalizácia v environmentálnom geoinformačnom systéme*. Správa k predbežnej oponentúre. Dep. PRIF UK, 27 s.
- KRCHO, J. et al. (1997): *Hodnotenie ekotoxikologických faktorov v SR, ich modelovanie a minimalizácia v environmentálnom geoinformačnom systéme*. Správa k predbežnej oponentúre. Dep. PRIF UK, 350 s.



Obr. 2 Ukážka kombinovaných dopytov na geografickú bázu údajov - priestorová štruktúra areálov nadmorských výšok 128-129 m (A), 129-130 m (B) a porastov s dominantnou drevinou topoľ

MIČIETOVÁ, E. (1996): *Projekt technologického zabezpečenia environmentálneho geoinformačného systému pre riešenie úlohy 05/ 95*. Dep. GEMINI, 100 s.

MGE BASIC NUCLEUS: *Intergraph Corp. Manager Mapping Sciences Doc.*, Hunstville 1995.

MGE BASIC NUCLEUS: *Intergraph Corp. Manager Mapping Sciences Documentation*, Hunstville 1995.

MGE PROJECTION MANAGER: *Intergraph Corp. Manager Mapping Sciences Doc.*, Hunstville 1995.

MGE BASIC MAPER: *Intergraph Corp. Manager Mapping Sciences Documentation*, Hunstville 1995.

MGE BASIC ADMINISTRATOR: *Intergraph Corp. Manager Mapping Sciences Doc.*, Hunstville 1995.

MGE ANALYST: *Intergraph Corporation Manager Mapping Sciences Documentation*, Hunstville 1995.

S u m m a r y

The geographic MGE project as a tool for solution of tasks in GIS

A condition of implementation of data model representing geographic project is to have available a flexible system of database management which will enable communication of the objects and attributes of geographic database and definition of relations between tables on objects and attributes. The partial and combined questions on objects and attributes of geographic database is provided for by questioning system which based in selected spatial objects defines topological elements and topological structure of the mentioned objects. The topological structure is a salient point for application of logic and spatial operators over the spatial objects, creating extensive operational possibilities of modelling the derived spatial structures of the geographic database objects and repeated recording in it and in the graphic environment GIS. Operational possibilities of geographical database lacking the possibility of defining the topological structure of spatial objects are trivial – the database is functioning as an intelligent surveyor but does not fulfill the requests of geographic tasks. Existence of the questioning system defining topological elements and topological structure over chosen spatial objects of geographic database is therefore considered a fundamental attribute which differentiates the often discussed notions – geographic and geoinformation system.

Fig 1 A scheme of generation of topological elements – surfaces, edges, and nodes creating topological structure of area, line and point thematic map elements as spatial objects of geographic database.

Fig. 2 A sample of combined questions on geographic database – spatial structures of areas of sea level altitudes 128-129 m (A), 129-130 m (B) and growths with dominance of poplar tree.

Tabl. 1 Application of logic operators (on example of AND operator) over the topological elements and map elements of geographic database.

Lektoroval:

Ing. Š. Špaček,

Geodetický a kartografický ústav,

Bratislava