

Eva MIČIETOVÁ, Ondrej ČULEN

GEOGRAFICKÁ DATABÁZA A MODELOVANIE KOMPLEXNÝCH PRIESTOROVÝCH ŠTRUKTÚR GEORELIÉFU A TOPOGRAFICÝCH PRVKOV

Mičietová, E., Čulen, O.: Geographical database and modelling of complex spatial structure of georelief and topographical elements. Kartografické listy, 2006, 14, 3 figs., 1 tab., 35 refs.

Abstract: Primary Base of Geographical Information System represents new concept in mapping of topographical elements and terrain in the Slovak Republic. It is a basis for building of complex geographical information resources (geographical information, geographical information systems, geographic information services) of landscape. Informatics tools of geographical database and semantics of complex digital terrain model create together powerful tool for modeling of complex spatial structures of terrain and topographical elements with complete geographical information (location, theme, time). Distribution of this complex information creates possibilities for add value reprocessing and decision making inside national spatial data infrastructure. Standardized and harmonized data model of interoperable geographical database of complex digital terrain model and its operating options for modelling of complex spatial structures with topographical elements are presented in this article.

Keywords: complex digital terrain model, geographical database, modeling of spatial structures, interoperable database

Úvod

Významným komponentom geografických informácií (GI) o krajine sú informácie o georeliéfe, ktoré sa využívajú v procese priestorového manažmentu sociálnych, ekonomických, regionálnych a prírodných systémov krajiny. V súčasnosti sa stretávame s rôznymi formami sémantického vyjadrenia a digitálnej interpretácie georeliéfu. Z hľadiska sémantického vyjadrenia rozlišujeme rôzne typy modelov georeliéfu – od výškových až po komplexný digitálny model georeliéfu (KDMR). Z hľadiska digitálnych formátov rozlišujeme grafické dátové štruktúry (grafické rastrové a vektorové obrazové formáty, rastrové a vektorové formáty tlačových výstupných zariadení, formáty dynamických kartografických reprezentácií – animácií, simulácií a virtuálnej reality) a +databázové štruktúry, ktoré prezentujú georeliéf na základe komplexných (poloha, téma, čas) tried objektov jeho morfometrických parametrov. Pestrosť obsahu a foriem digitálnej interpretácie geo-reliéfu vytvára priestor pre rôzne možnosti využitia geografických informácií o georeliéfe v rámci priestorových informačných infraštruktúr.

V súčasnosti je dostupné veľké množstvo priestorových informácií o georeliéfe s rôznou mierou komplexnosti sémantiky. Poskytujú ich (on-line a off-line) informačné zdroje štátnej správy a samosprávy, ale aj výskumné a vývojové pracoviská prevažne vo forme rastrových a vektorových obrazov v analógovej a digitálnej forme (grafické vektorové formáty izočiarových modelov parametrov georeliéfu – najčastejšie bodové polia a vrstevnice, grafické rastrové formáty areálových modelov parametrov georeliéfu – najčastejšie výšková členitosť, areály sklonov a orientácií). Chýbajú však všeobecne dostupné informačné zdroje o georeliéfe, ktoré poskytujú informáciu o morfometrických parametroch v komplexnejšej sémantickej prezentácii a geografickej informácii s možnosťou operatívneho modelovania priestorových štruktúr krajiny v prostredí interopera-

bilných geografických databáz. Ide o generovanie a využitie pridanej hodnoty GI o krajine, ktorá sa získa modelovaním priestorových štruktúr georeliéfu a topografických prvkov krajiny v prostredí interoperabilných objektovo orientovaných geografických databáz georeliéfu a ZBGIS (Základnej bázy geografických informačných systémov, <http://www.gku.sk>).

Práca predstavuje model interoperabilnej geografickej databázy georeliéfu, ktorá vychádza zo sémantiky komplexnej morfometrickej analýzy georeliéfu, ako aj jeho KDMR. Výsledkom práce je standardizovaná geografická databáza KDMR, ktorá je harmonizovaná s geografickou databázou v súlade s katalógom objektov ZBGIS. Výstupom práce sú ukážky modelovania a distribúcie komplexných priestorových štruktúr topografických prvkov a morfometrických parametrov georeliéfu pomocou mapového servera (<http://geonet.fns.uniba.sk>, <http://joe.fns.uniba.sk>).

Súčasný stav problematiky a informačné zdroje

Práca nadväzuje na informácie a poznatky z oblasti metodiky tvorby priestorových informačných infraštruktúr, modelovania georeliéfu, koncipovania geografických informačných systémov (GIS), geografických databáz a ich distribúcie v prostredí web stránok, využitia dát o georeliéfe pri modelovaní sociálnych, ekonomických, regionálnych a prírodných systémov krajiny.

INSPIRE (Infrastructure of Spatial Information) špecifikuje rámcové zásady budovania priestorových informačných infraštruktúr (<http://inspire.jrc.it/>). Z hľadiska cieľa práce sa zameriavame najmä na problematiku štandardizácie, harmonizácie a integrácie interoperabilných geografických informácií. Tieto procesy špecifikujú metodológie – tvorby katalógov geografických objektov (ISO 19110) a metainformačného katalógu (ISO 19115). Interoperabilitu GI riešia štandardy, ktoré definujú nástroj na distribúciu geografických informácií – mapový server (ISO 191190) a geografické informačné služby (ISO 19119 – <http://www.iso.ch>).

Všeobecné informácie o GIS sú v prácach J. Krchu a E. Mičietovej (1989), M. F. Goodchilda (1997), J. Tučeka (1998) a E. Mičietovej (2001). Práce T. L. Nyergesa (1990), A. Y. Tanga et al. (1996), J. L. Mennisa et al. (2000) a D. Kusendovej (2003) sa venujú geografickým databázam a ich modelom. Problematika objektovo – orientovanej štruktúry (modelu) databázy sú predmetom prác A. Mrázika (1995), A. Y. Tanga et al. (1996). Interoperabilita GIS, resp. jej charakteristika, definície, úrovne, ale aj problematika heterogenity a otázky štandardizácie geografických dát sú obsahom prác D. J. Abela (1998) a Y. Bishra (1998). Koncepciu ZBGIS prezentujú práce Š. Špačka (2000), N. Nikšovej a A. Vojtičku (2003), E. Mičietovej et al. (2004, <http://www.geodesy.gov.sk>). Kvalite geografických databáz sa venujú práce H. Veregina (1998), E. Mičietovej (1999), N. R. Chrismana (1990), H. Mitášovej et al. (2001), V. Vyčichlovej a V. Čadu (2001). Definíciu KDMR rozpracoval a publikoval v sérii prác J. Krcho (1973, 1979, 1990, 2001) a ďalší autori (Evans 1972, Jenčo 1993). Využitie morfometrických parametrov georeliéfu pri modelovaní prírodných systémov krajiny prezentuje J. Minár (1999). Modelovanie georeliéfu a problematika digitálneho modelu georeliéfu (DMR) sú predmetom prác H. Mitášovej a L. Mitáša (1993), J. Hofierku 1995, J. Hofierku a M. Šúriho (1998).

V súčasnosti všetky významné technologické systémy GIS podporujú modelovanie georeliéfu, relačnú geografickú databázu a nástroje na jej publikáciu. Najvhodnejším systémom na realizáciu experimentu, modelovanie DMR je v súčasnosti program GIS GRASS (<http://grass.itc.it>) vzhľadom na vlastnosti implementovaných interpolačných funkcií, ktoré predstavujú globálne metódy modelovania spojitých polí, a to najmä funkcia splajnu s tenziou (Mitášová a Mitáš 1993). Funkčnosť navrhovaného dátového modelu overil geografický projekt GIS, geografická databáza KDMR a jej publikovanie mapovým serverom. Keďže riešiteľské pracovisko je výskumným partnerom (Registered Research Laboratory) firmy Intergraph (<http://www.intergraph.com>), technologickou platformou experimentu boli programové produkty *GeoMedia*.

Metodika práce

Celková metodika práce, komplexne a podrobne riešená v práci Mičietová et al. (2005), predstavuje tieto postupy:

- 1) výskum a vývoj štandardizovaného a harmonizovaného katalógu tried objektov základných morfometrických parametrov, doplnkových parametrov časovej a uhlovej dynamiky oslnenia georeliéfu, hydrologických parametrov a ďalších odvodených morfometrických parametrov georeliéfu,

- 2) stanovenie obsahu katalogu tried objektov georeliéfu,
- 3) výskum a vývoj relačného dátového modelu geografickej databázy KDMR a relačného modelu metainformačného katalogu geografickej databázy KDMR,
- 4) modelovanie KDMR,
- 5) tvorba dátovej štruktúry geografickej databázy georeliéfu z modelu KDMR,
- 6) hodnotenie kvality geografickej databázy georeliéfu,
- 7) modelovanie priestorových štruktúr georeliéfu a topografických prvkov krajiny,
- 8) hodnotenie operačných možností geografickej databázy KDMR,
- 9) publikácia projektu GIS a jeho geografickej databázy do prostredia priestorových informačných infraštruktúr.

Štandardizovaný a harmonizovaný katalog objektov KDMR predstavuje tab. 1.

Tab. 1 Ukážka katalogu objektov Komplexného digitálneho modelu georeliéfu (KDMR)

Kategória	Subkategória	Názov (kód)	Objekt	Geometria	Atribút	Hodnota atribútu	Formát (type of field)	Popis
KOMPLEXNÝ DIGITÁLNY MODEL GEORELIÉFU	Výšky	TV001	Prímárne diskrétne bodové pole	Point	HSB ID	Actual Value Value	Double Integer	Hodnota nadmorskej výšky [m] (807,53) Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)
		TV002	Vrstevnice (int. = 2m)	Line	HSB ID	Value Value	Integer Integer	Hodnota nadmorskej výšky [m] (222) Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)
		TV005	Vrstevnice (int. = 5m)	Line	HSB ID	Value Value	Integer Integer	Hodnota nadmorskej výšky [m] (455) Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)
		TV050	Výškové stupne (int. = 50m)	Polygon	HSB TXT ID	Value Text Value	Integer String Integer	Identifikátor výšok. areálov (300, 350,...) Identifikátor výšok. areálov (350-400, 400-450.) Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)
	Sklony	TS090	Areály sklonov	Polygon	SKL	Value	Integer	Identifikátor areálu sklonov (1, 2, 3,...,7)
					TXT ID	Text Value	String Integer	Identifikátor areálu sklonov (0-3, 3-7,7-12,...) Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)
	Orientácie	TO360	Areály orientácií	Polygon	ORI	Value	Integer	Identifikátor areálu orientácií (1, 2, 3,...)
					TXT ID	Text Value	String Integer	Identifikátor svetových strán (S, SW, W,...) Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)
	Geometrické formy	TF001	Normálové formy v smere spádnic	Polygon	NNF	Value	Integer	Identifikátor areálov normálových foriem
					TXT ID	Text Value	String Integer	Identifikátor areálov normálových foriem Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)
		TF002	Horizontálne formy	Polygon	KRF	Value	Integer	Identifikátor areálov horizont. foriem
	TXT ID				Text Value	String Integer	Identifikátor areálov horizont. foriem Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)	
	TF003	Celkové geometrické formy	Polygon	CFG	Value	Integer	Identifikátor areálov celkových foriem	
				TXT ID	Text Value	String Integer	Identifikátor areálov celkových foriem Číselný identifikátor objektu (1, 2, 3,...)	

Kódovanie všetkých hierarchických úrovní odpovedá špecifikáciám štandardu DIGEST (<http://www.digest.org>), prijatému na kódovanie tried objektov ZBGIS. Harmonizáciu so ZBGIS zabezpečujú tematické atribúty HSB (*Height above Sea Bottom*) atribút ID tried objektov TV001 – TV050, ktorých domény hodnôt sú identické so ZBGIS. Katalog objektov KDMR definuje prvky modelu geografickej bázy. Jedna trieda objektov KDMR je reprezentovaná jednou relačnou tabuľ-

kou zvoleného databázového systému vo zvolenom technologickom prostredí GIS. Záznamy relačnej tabuľky sú konkrétne výskyty objektov uvažovanej triedy objektov morfometrických parametrov KDMR. Navrhovaný model geografickej databázy KDMR má vektorovú priestorovú organizáciu a 2D topológiu priestorových objektov KDMR.

Na *verifikáciu navrhovaného modelu Geografickej DataBázy KDMR* (GDB KDMR) bol generovaný KDMR štandardným postupom – z primárneho výškového bodového poľa pilotného územia boli metódou splajzovej funkcie s tenziou vypočítané rastrové vrstvy morfometrických a niektorých doplnkových hydrologických parametrov georeliéfu. Vrstvy boli podľa zvolenej klasifikačnej schémy transformované do zón parametrov KDMR. Spojitá forma rastrovej prezentácie prvkov KDMR môže byť konvertovaná do nespojitej vektorovej formy viacerými spôsobmi:

- A. Konvertovaním rastrov do gridov, kde jednému implicitne polohovo definovanému rastrovému elementu odpovedá jeden explicitne polohovo lokalizovaný vektorový grid s priradenou hodnotou tematického atribútu; kde polohová lokalizácia gridu je vyjadrená explicitne hodnotami priestorových súradníc v jednotnom súradnicovom systéme databázy, pričom hodnota tematického atribútu nepodlieha transformáciám – klasifikácii.
- B. Konvertovaním areálov – klasifikovaných zón rastrových vrstiev jednotlivých prvkov KDMR do explicitne polohovo lokalizovaných vektorových areálov s priradenou hodnotou tematického atribútu podľa klasifikačnej triedy príslušnej zóny, pričom sa táto hodnota vzťahuje k celému areálu.
- C. Konvertovaním rastrového modelu do explicitne polohovo lokalizovaných izočiari prvkov KDMR s priradenou hodnotou tematického atribútu príslušného intervalu klasifikácie.

Výhodou metódy A je, že nedochádza k úbytku informácie, nevýhodou je veľký objem dát. Výhodami metód B a C je menší objem dát, flexibilnejšia funkčnosť priestorového analytického aparátu GDB, nevýhodami je úbytok informácií a nespojité vyjadrenie entít KDMR. Uplatnenie metódy B a C vyžaduje klasifikáciu hodnôt tematických atribútov, teda stanovenie alebo prispôbenie sa platným systémom klasifikácie hodnôt jednotlivých parametrov KDMR. Jednotlivé prvky georeliéfu môžu byť v databáze implementované vo všetkých troch formách, pretože každá z nich má vlastný operačný potenciál modelovania priestorových štruktúr krajiny. Zóny rastrových vrstiev morfometrických parametrov georeliéfu boli konvertované z rastrovej do vektorovej formy. Vektorové vrstvy tried objektov (body, línie, polygóny) boli implementované do prostredia geografickej bázy KDMR. Podmienkou modelovania priestorových štruktúr v prostredí GDB je existencia flexibilného systému riadenia databázy (SRBD), ktorý zabezpečuje prepojenie a komunikáciu priestorových a tematických atribútov objektov GDB KDMR. Zabezpečuje to dopytovací systém, ktorý súčasne podporuje analýzu priestorových vzťahov medzi objektmi. Dopytovací systém relačnej databázy GIS generuje priestorové a tematické atribúty objektov a analytický systém generuje ich topologické prvky a topologickú štruktúru. Dopyty, ktorých výsledkom je GI z GDB, sa delia na priestorové a tematické, pričom sa dajú kombinovať. Priestorové dopyty využívajú priestorové operátory a tematické logické alebo matematické operátory. Existujú dopyty čiastkové (1 objekt/atribút) a kombinované (viac objektov/atribútov).

Štruktúra GDB a dopytovací systém vytvárajú *operačné možnosti* modelovania komplexných priestorových štruktúr z jej objektov s úplnou geografickou informáciou (poloha, téma, čas). Potenciál GDB generovať priestorové štruktúry podmieňujú vlastnosti modelu a systému riadenia bázy dát, v ktorej je model implementovaný. Z tohto hľadiska sa dá uvažovať o týchto faktoroch, ktoré podmieňujú celkové operačné možnosti GDB:

- Priestorová súvislosť tried objektov (GDB, ktorá má veľa tried objektov, ale nie sú priestorovo koherentné, má slabé operačné možnosti generovať kvalitné komplexné priestorové štruktúry).
- Množina tried objektov: pestrosť katalógu objektov (GDB, ktorá je priestorovo koherentná, ale má málo tried objektov, ponúka menej možností komplexných priestorových štruktúr).
- Množina výskytov objektov jednotlivých tried (GDB, ktorá je priestorovo koherentná, má bohatý údajový model, ale bez záznamov/prázdny – neposkytuje operačné možnosti na modelovanie priestorových štruktúr).
- Množina tematických atribútov (čím viac tematických atribútov obsahuje dátový model, tým viac možností modelovania priestorových štruktúr poskytuje).
- Množina priestorových operátorov dopytovacieho systému (čím viac typov priestorových operátorov poskytuje, tým viac priestorových štruktúr generuje).

- Množina logických a matematických operátorov dopytovacieho systému (čím viac typov logických a matematických operátorov poskytuje, tým viac priestorových štruktúr generuje).
- Množina ďalších skalárnych a štatistických funkcií na manipuláciu s tematickými atribútmi (čím viac uvedených typov funkcií dopytovací systém poskytuje, tým viac priestorových štruktúr generuje).
- Technická platforma GDB (slabá technická platforma blokuje funkcionalitu aj najlepšie koncipovaných a kvalitnými dátami naplnených systémov).

Interoperabilitu GDB v prostredí priestorových informačných infraštruktúr (PII) podmieňujú: metainformácie, vlastnosti modelu, metódy distribúcie dát do otvoreného prostredia a technologická platforma. Interoperabilný model GDB je koherentný s ďalšími distribuovanými databázami, ak je štandardizovaný a harmonizovaný. Štandardizovaný model reprezentuje katalóg objektov odpovedajúci štandardom *OpenGIS*. Dátový model je v prostredí PII harmonizovaný formálne a obsahovo. Formálne vtedy, ak obsahuje jednotné kódovanie objektov, atribútov a hodnôt atribútov v katalógu objektov s dátovými modelmi implementovanými v PII a obsahovo vtedy, ak existujú niektoré spoločné tematické atribúty odpovedajúcich tried objektov PII s rovnakými doménami (napr. identifikátorov topografických prvkov, jednotnou geometriou, atď.).

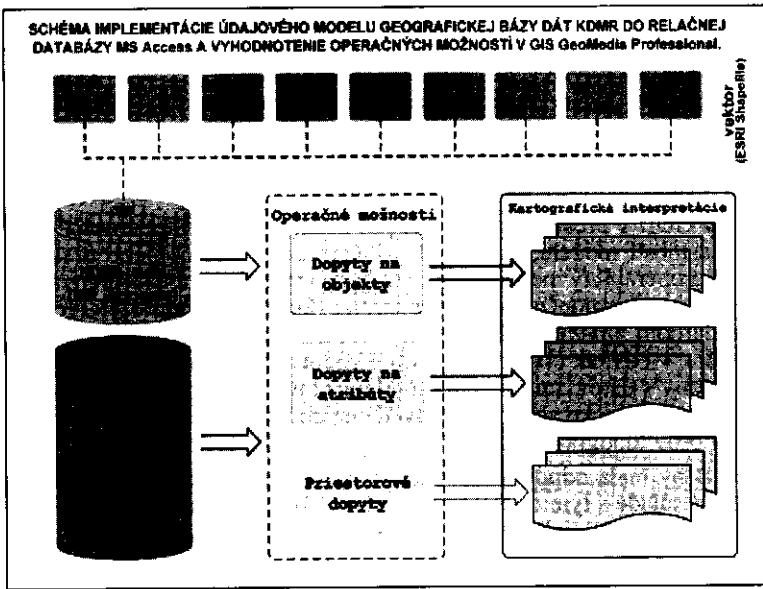
Distribúcia GDB by mala odpovedať štandardom geografických informačných služieb podľa normy ISO 19119. V súlade s tým sa distribúcia GI z GDB realizuje viacerými formami: priamym zdieľaním dátových skladov, publikáciou štruktúr GDB pomocou servera mapových služieb WMS, WFS a dátových služieb GML (<http://www.opengeospatial.org>), mapového servera (ISO 19128).

Výsledky práce

Model GDB KDMR bol v celej šírke implementovaný v experimente, ktorý tvorili dve časti – modelovanie KDMR a tvorba GDB KDMR. Štruktúry experimentu prezentujú diagramy (obr. 1 a obr. 2). Modelovanie a hodnotenie presnosti KDMR experimentu obsahuje práca E. Mičietovej et al. (2005). V príspevku sa zameriavame na prezentáciu operačných možností GDB KDMR, ktoré boli hodnotené pomocou analytických nástrojov GIS GeoMedia Professional verzia 5.2. Testovanie interoperability, resp. kompatibility so ZBGIS sa realizovalo kombinovanými dopytmi s triedami objektov modelu ZBGIS v rozsahu mapového listu (35-21-25)¹, ktorý bol vytvorený v rámci práce (Michalík 2004).

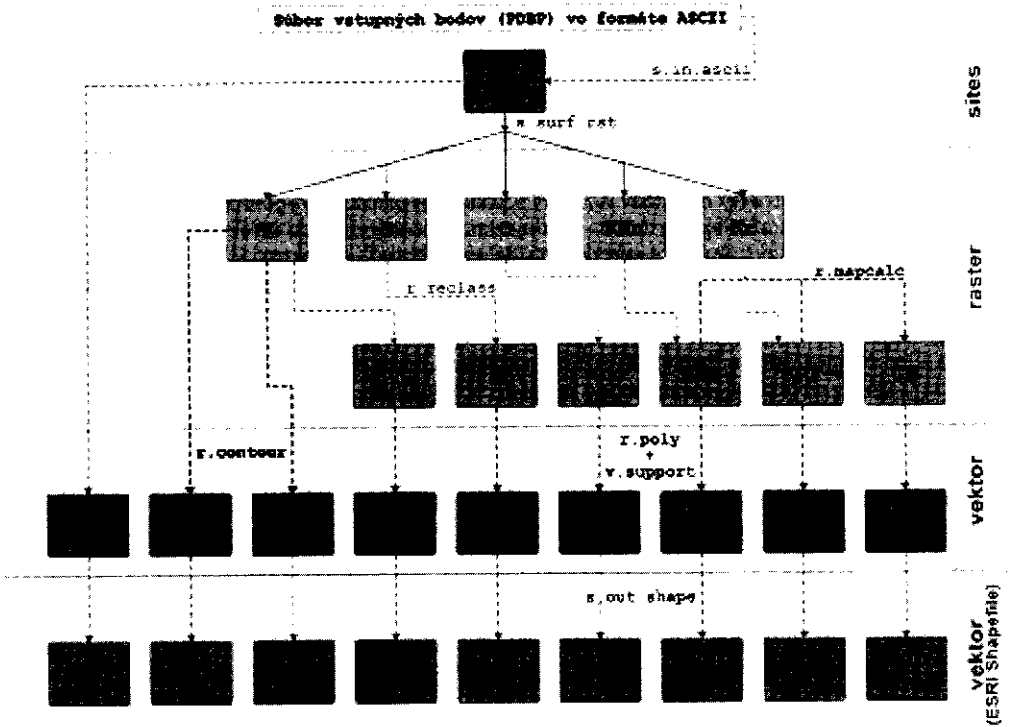
Operačné možnosti databázy a modelovanie priestorových štruktúr KDMR prezentujú kombinované dopyty na rôzne triedy objektov KDMR s použitím priestorových operátorov, ktoré definujú priestorové vzťahy uvažovaných tried. Modelovanie priestorových štruktúr KDMR a topografických prvkov prezentujú kombinované dopyty na rôzne triedy objektov GDB KDMR a topografických prvkov s použitím priestorových operátorov, ktoré definujú priestorové vzťahy oboch množín prvkov. Dopyty na priestorové atribúty KDMR predstavujú zobrazenie vrstvy tematicky príbuzných objektov v mapovom okne, resp. v legende, ktoré predstavujú vrstvy ako celok (triedu objektov). Obr. 3a prezentuje kartografickú interpretáciu priestorovej štruktúry KDMR v krajine – všetky areály triedy objektov *Horizontálne krivosti*. Výsledkom čiastkových dopytov na tematické atribúty sú jednoduché priestorové štruktúry parametrov KDMR, ktoré majú definované hodnoty tematických atribútov tried objektov KDMR. Obr. 3b prezentuje kartografickú interpretáciu priestorových štruktúr KDMR v krajine – všetky areály triedy objektov *Výškové stupne* s hodnotou atribútu nadmorskej výšky viac ako 600 m. Kombinované dopyty na priestorové a tematické atribúty poskytujú komplexné priestorové vektorové štruktúry KDMR, ktoré sú generované na základe definovaných hodnôt tematických atribútov uvažovanej podmnožiny tried objektov KDMR s využitím priestorových operátorov s úplnou tematickou informáciou všetkých aplikovaných tried objektov. Obr. 3c prezentuje komplexné priestorové štruktúry KDMR – areály normálovej krivosti s hodnotami atribútov $\Omega > 0$ a Dĺžka spádovej krivky $> 1000\text{m}$.

¹ Vstupné dáta spolu s digitálnou ortofotomapou dodal Geodetický a kartografický ústav v Bratislave.



Obr. 1 Diagram tvorby KDMR

SCHÉMA TVORBY TEMATICKÝCH VRSTIEV PRE DATABÁZOVÝ MODEL KDMR V PROSTREDÍ GIS GRASS.

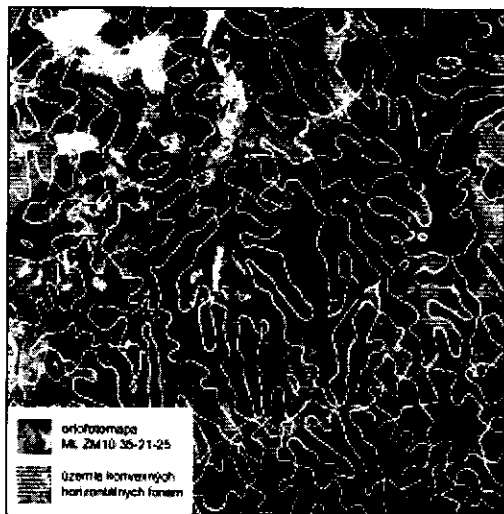


Obr. 2 Diagram tvorby a operačných možností GDB KDMR

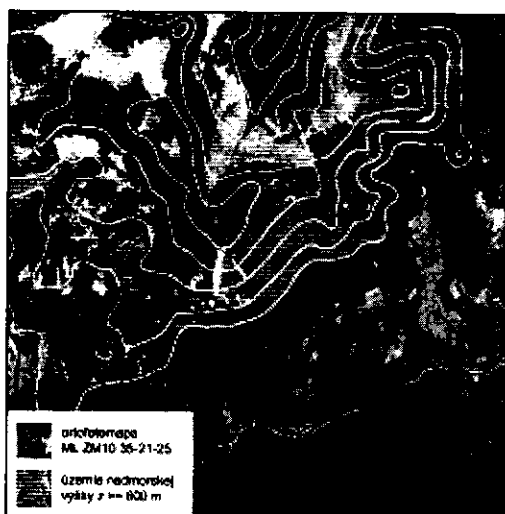
Kombinované dopyty na priestorové a tematické atribúty KDMR a topografické prvky krajiny poskytujú ich komplexné priestorové vektorové štruktúry. Sú generované na základe definovaných hodnôt tematických atribútov uvažovanej podmnožiny tried objektov KDMR a tried objektov topografických prvkov ZBGIS s využitím priestorových operátorov s úplnou tematickou informáciou všetkých aplikovaných tried objektov KDMR a ZBGIS. Na obr. 3d je kartografická interpretácia komplexných priestorových štruktúr KDMR a topografických prvkov krajiny s hodnotou atribútu triedy objektov *Sklon* > 25° a triedou objektov ZBGIS *Cesta*.

Všetky kartografické prezentácie spolu s ďalšími ukázkami priestorových štruktúr KDMR a topografických prvkov sú na adrese <http://geonet.fns.uniba.sk>.

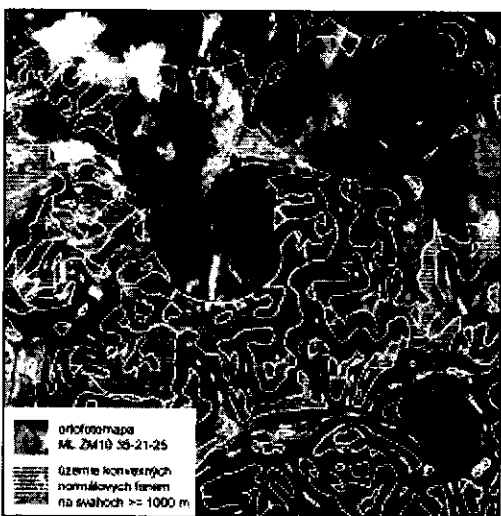
a)



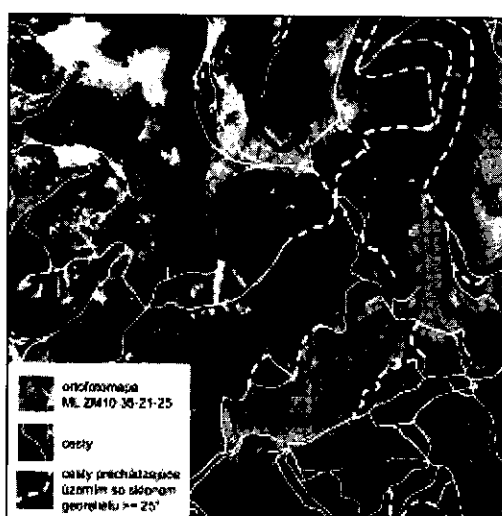
b)



c)



d)



Obr. 3 Kartografická interpretácia komplexných priestorových štruktúr KDMR (a – c) a topografických prvkov v krajine (d)

Záver

GDB KDMR ilustruje jeden variant modelu, ktorý umožňuje efektívnu tvorbu nových geografických informácií z KDMR a jeho morfometrických parametrov – nadmorskej výšky, sklonu, orientácie voči svetovým stranám a geometrických foriem georeliéfu (normálové formy v smere spádnic, horizontálne formy a celkové formy). Generovanie nových informácií zabezpečuje interoperabilita GDB KDMR a GDB topografických prvkov. Interoperabilitu medzi databázami zabezpečuje ich technická a údajová kompatibilita – vektorová forma priestorovej organizácie, rovnaký relačný druh databázového modelu a referenčný priestorový systém, v ktorom sú polohovo určené objekty. To zrejme najvýraznejšie ovplyvnilo potenciál geografickej databázy KDMR. Jej tvorba prináša so sebou množstvo problémov technického a koncepčného charakteru, pretože podkladom na jej budovanie sú kvalitné vstupné údaje o nadmorskej výške a kvalitný model reliéfu. V tomto smere treba dopracovať a implementovať štandardnú metodiku hodnotenia kvality oboch komponentov.

Veľmi dôležité je zabezpečenie priestorovej súvislosti dát KDMR, komplexnosti implementácie tried objektov, pestrosť tematických atribútov a kvalitný databázový systém riadenia, ktorý bude ponúkať široké spektrum priestorových, logických, matematických a štatistických operácií.

Interoperabilita GDB KDMR je podmienkou širokého využitia operačných možností na modelovanie priestorových štruktúr KDMR a topografických prvkov. To však bude možné len na základe splnenia ďalších podmienok v rámci národnej infraštruktúry priestorových informácií (NI-PI), ktorými sú:

- existencia interoperabilnej GDB topografických prvkov ZBGIS,
- publikácia GDB topografických prvkov do prostredia národnej infraštruktúry priestorových informácií vo forme mapových a dátových služieb,
- disponibilita nástrojov na integráciu distribuovaných geografických informácií o KDMR a topografických prvkov prostredníctvom geopriestorového portálu PII,
- implementácia metainformácií o GDB KDMR a topografických prvkov do metainformačného katalógu PII,
- dostupnosť katalógových informačných služieb prostredníctvom geopriestorového portálu PII,
- pravidlá prístupu, zdieľania a využitia geografických informačných zdrojov v prostredí PII,
- koordinácia všetkých aktivít PII.

Naplnením týchto podmienok bude možné operatívne zistiť dôležité informácie pre rozhodovanie v rôznych oblastiach riadenia sociálnych, ekonomických, regionálnych a prírodných systémov krajiny.

Literatúra

- ABEL, D. J. et al. (1998). Towards integrated geographical information processing. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 12, No. 4, s. 353-371.
- BISHR, Y. (1998). Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 12, No. 4, s. 299-314.
- EVANS, I. S. (1972). General geomorphometry, derivatives of altitude and descriptive statistic. *Spatial analysis in Geomorphology*. In Chorley, R. J. (ed), *Spatial analysis in Geomorphology*. New York, Harper and Row, s. 17-90.
- GOODCHILD, M. F. (1997). *What is Geographic Information Science?* National Center for Geographic Information & Analysis Core Curriculum in GIS Science.
- HOFIERKA, J. (1995). Využitie modelovania reliéfu v prostredí GIS v environmentálnych aplikáciách. *Geo-info*, 2, s. 25-26.
- HOFIERKA, J., ŠŮRI, M. (1998). Rastrové digitálne modely reliéfu. *Geoinfo*, 2, s. 48-50
- CHRISMAN, N. R. (1990). Unit 45 – *Accuracy of Spatial Databases*. National Center for Geographic Information & Analysis Core Curriculum in GIS Science.
- JENČO, M. (1993). Morfometrická analýza georeliéfu z hľadiska teoretickej koncepcie Komplexného digitálneho modelu reliéfu ako integrálna súčasť GIS. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 33, s. 133-154.

- KRCHO, J. (1973). Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. *Acta Geographica Universitatis Comenianae, Geographica Physica*, 1, s. 11-233.
- KRCHO, J. (1979). Reliéf ako priestorový subsystém SRF geografickej krajiny a jeho komplexný digitálny model. *Geografický časopis*, 3, s. 237-262.
- KRCHO, J. (1990). *Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu*. Bratislava, VEDA, 432 s.
- KRCHO, J., MIČIETOVÁ, E. (1989). Geoinformačný systém o geografickej sfére a komplexný digitálny model priestorovej štruktúry ako jeho integrálna súčasť. *Geografický časopis*, 3, s. 249-274.
- KRCHO, J. (2001). *Modelovanie georeliéfu a jeho geometrickej štruktúry pomocou DTM; polohová a numerická presnosť*. Bratislava, Q111, 336 s.
- KUSENDOVÁ, D. (2003). Aplikácia geoinformačných systémov v štatistike. *Slovenská štatistika a demografia*, 4, s.56-67.
- MENNIS, J. L., PEUQUET, D. J., QIAN, L. (2000). A conceptual framework for incorporating cognitive principles into geographical database representation. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 14, No. 6, s. 501-520.
- MCHALÍK, Ľ. (2004). *Návrh a implementácia údajového modelu geografickej databázy ZB GIS*. Diplomová práca. Bratislava, Prírodovedecká fakulta Univerzita Komenského.
- MIČIETOVÁ, E. (1999). Kvalita, funkcie a operačné možnosti databázy geografického informačného systému. *Geografický časopis*, 3, s. 297-312.
- MIČIETOVÁ, E. (2001). Geografický informačný systém (GIS) – štruktúra, integrita, interoperabilita, implementácia. In *Sborník 14. Kartografická konferencia*, Plzeň, s. 40-53.
- MIČIETOVÁ, E., ZAHN, O., VALIŠ, J., IVANIČ, I. (2004). Štruktúra, integrita, interoperabilita a implementácia ZB GIS. *Geodetický a kartografický obzor*, 4, s. 113-125.
- MIČIETOVÁ, E., ČERŇANSKÝ, J., KRCHO, J. (2005). *Zber, modelovanie, integrácia a distribúcia geografickej informácie*. Bratislava (VEDA – in print).
- MRÁŽIK, A. (1995). Objektovo orientovaná architektúra geografických informačných systémov. *Geoinfo*, 2, 1, s. 32.
- MINÁR, J. (1999). Morfometrická analýza polí a jej využitie v geokológii. *Geografický časopis*, 51, 3, s. 261-277.
- MITÁŠOVÁ, H., MITÁŠ, L. (1993). Interpolation by Regularized Spline with Tension. I. *Theory and Implementation. Mathematical Geology*, Vol. 25, No. 6, p. 641-655.
- MITÁŠOVÁ, H., IVÁNOVÁ, I., CHALACHANOVÁ, J. (2001). Kvalita údajov v geoinformačných bázach. In *Úlohy geodézie a kartografie pri tvorbe a správe ZB-GIS*. Bratislava, s. 37-44.
- NIKŠOVÁ, N., VOJTIČKO, A. (2003). Budovanie ZB GIS ako prvku národnej priestorovej infraštruktúry. *Geodetický a kartografický obzor*, 91, 7-8, s. 124-129.
- NYERGES, T. L. (1990). Spatial Databases As Models Of Reality. National Center for Geographic Information & Analysis Core Curriculum in GIS Science.
- ŠPAČEK, Š. (2000). Základná báza údajov o polohe prvkov a javov ako podklad pre štátny informačný systém. In *Aktivity v kartografii 2000*, s. 115-125.
- ŠŮRI, M., HOFIERKA, J., CEBECAUER, T. (1996). Digitálne modely georeliéfu. Využitie v globálnych a lokálnych štúdiách. *Geoinfo*, 2, s. 25-27.
- TANG, A. Y., ADAMS, T. M., USERY, E. L. (1996). A spatial data model design for feature-based geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 10, No. 5, s. 643-659.
- TUČEK, J. (1998). *Geografické informačné systémy*. Zvolen (Technická univerzita).
- VEREGIN, H. (1998). *Data Quality Measurement and Assessment*. National Center for Geographic Information & Analysis Core Curriculum in GIS Science.
- VEREGIN, H. (1999). Data quality parameters. In Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. (eds.). *Geographical information systems*. New York, Wiley, s. 177-189.
- VOJTIČKO, A. (2001). Štátny informačný systém a nadväznosť na základnú bázu geografického informačného systému. In *Úlohy geodézie a kartografie pri tvorbe a správe ZB GIS*. Bratislava, s. 13-18.
- VYČIHLOVÁ, V., ČADA, V. (2001). Hodnocení kvality a přesnosti státní mapy 1:5000. In *Kartografické listy*, 9, s. 79-92.

<http://www.digest.org/html/gp16.htm>

S u m m a r y

Geographical database and modeling of complex spatial structures of georelief and topographical elements

This article proposes interoperable data model of geographical database for georelief. Object types of georelief are specified on the base of Complex Digital Terrain Model – CDTM (Krcho 1973, 1979, 1990, 2001). Geographical database model of CDTM is standardized and harmonized with object catalogue of Primary Base for Geographic Information System (PB GIS) in the Slovak Republic (<http://www.geodesy.gov.sk>). Modelling of complex spatial structures of georelief and topographical elements of landscape and their distribution in to environment of national spatial data infrastructure are objective of this article.

We present the proposal, development, implementation and experimental verification of:

- standardized and harmonized object catalogue for geographical database of CDTM,
- interoperability of CDTM relational geographical data base with PB GIS,
- capability for modelling of complex spatial structures of CDTM and topographical elements of landscape
- distribution of CDTM and PBGIS interoperable geographical databases in to environment of national spatial data infrastructure .

WEB application for access distributed geographical database of CDMT: <http://geonet.fns.uniba.sk/oc01/>

Fig. 1 Diagram: Development of CDTM

Fig. 2 Diagram: Implementation and Verification of operating options of interoperable CDTM geographical database

Fig. 3 Cartographic interpretation of CDTM spatial structures in landscape: Areas of feature type convex horizontal curvature (a), Areas of feature type Elevation levels with attribute value $z \geq 600$ m (b), Complex CDTM structures, where attribute value of feature type Normal/profile curvature is convex and attribute value of feature type Slope length is > 1000 m (c), and cartographic interpretation of complex structures of CDTM and PBGIS: Objects of feature type *Roads* that overlay CDTM feature type *Slope* with attribute value ≥ 25 (d).

Tab. 1 Structure of standardized and harmonized object catalogue of CDTM

Lektoroval:

Mgr. Karel STANĚK, Ph.D,
Masarykova univerzita, Brno