

JAROMÍR KOLEJKA

DIGITÁLNÍ MODEL KRAJINY – NÁSTROJ PŘI REALIZACI VÝZKUMNÝCH A APLIKAČNÍCH STUDIÍ

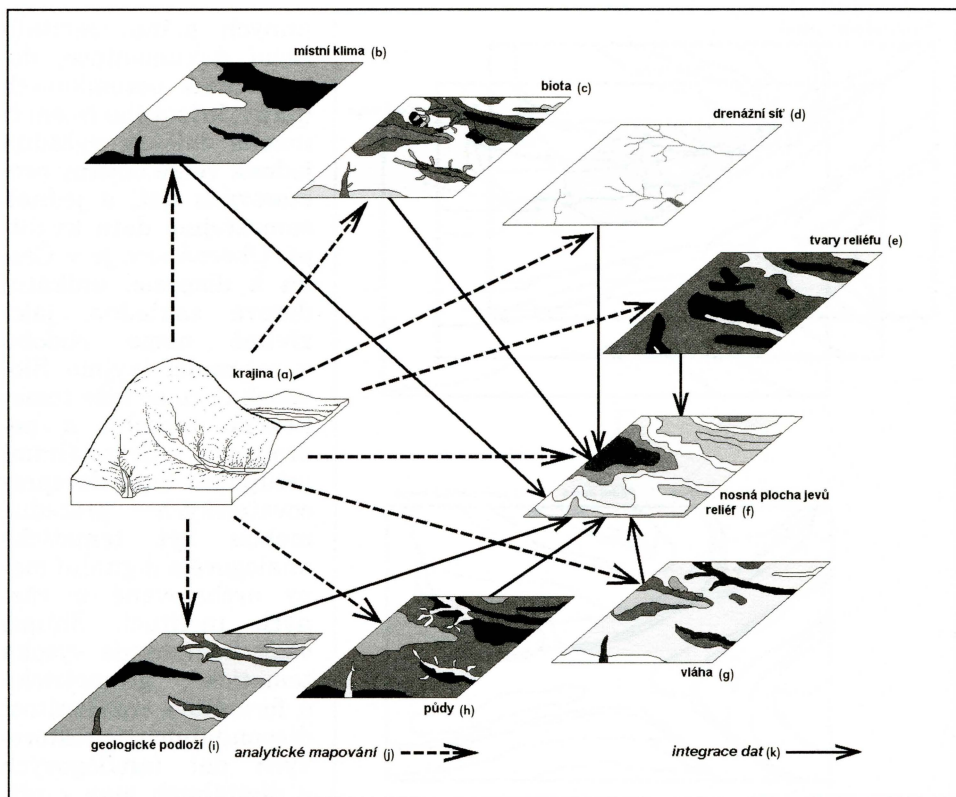
J. Kolečka: *Digital landscape model – a tool for research and application*. – Geografie – Sborník ČGS, 110, 4, pp. 286–299 (2005). – An enormous thematic, geometric and format geodata variability as well as its storage in different distant databases are typical for the situation in Czechia. If these data layers are overlaid, many false parameter combinations originate. The digital landscape model (DLM) is an example of a new database tool reducing such data errors for an efficient application in research and territory management. The DLM structure and construction are presented.

KEY WORDS: digital landscape model – logical data integration – integrated database.

1. Úvod

Regionální multikritériální studie stojí vždy před zásadním datovým problémem – analytická geoprostorová data sice k dispozici jsou, ale liší se měřítkem, rozlišením, zobrazením, a především jednotlivé tematiky na sebe přesně nelicují. Máme dvě možnosti: pracovat s nimi tak, jak jsou, anebo jejich nesoulad minimalizovat a pak je teprve použít. Přitom lze vycházet z několika hypotéz:

1. Tematické mapové podklady byly, jsou a budou pořizovány jak v zahraničí, tak v Česku vzájemně nezávisle. To je hlavním znakem tematického mapování prováděného specialisty konkrétních oborů (obr. 1) a do jisté míry zárukou spolehlivé kvality výsledků.
2. Bez ohledu na to, zda tato geoprostorová data jsou v analogové nebo digitální podobě, při jejich vzájemném naložení se vytváří ohromné množství nelogických kombinací parametrů (atributů), které v reálném území neexistují (obr. 2).
3. Podstatnou část těchto závad lze odstranit precizním geometrickým slícováním podkladů na základě shodného měřítka, projekce a rozlišení, v digitální podobě navíc formátem dat, přesto množství těchto závad nadále zůstává a ty zřetelně snižují spolehlivost výsledků produkovaných rutinním řešením konkrétních prostorových úkolů.
4. Je-li výsledkem zpracování model některé události, např. odhad dosahů požárů, rozsahu invazních areálů škůdců, inundačních území při povodních, erozního či sesuvného postižení území apod., jeho spolehlivost stále není dostačující, neboť zpracovatelská procedura pracuje s jednotlivými datovými vrstvami a nezkontroluje, zda jsou tyto (obvykle analytické) vrstvy ve vzájemném souladu, jak je tomu v reálném území.
5. Tvůrci komerčních či nekomerčních softwarových balíčků se tímto problémem obvykle nezabývají a spoléhají na kvalitu vstupních dat. Těm tedy



Obr. 1 – Zatímco tvorba tematických podkladů probíhá analytickým mapováním, využití technologie GIS vyžaduje data integrovaná

z hlediska izolovaného tematického hodnocení lze málokdy co vytknout, ovšem při kombinování rozličných témat jejich vzájemný logický (věcný) nesoulad se stává nepřehlédnutelným.

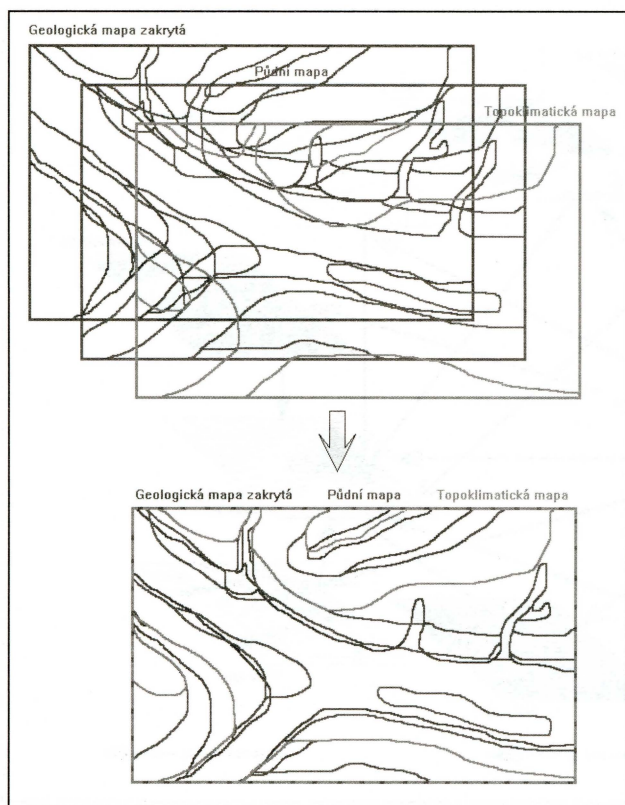
Má-li být dosažena co nejvyšší spolehlivost hodnotících, vyhledávacích, vavrových či jiných modelačních postupů, nutno opět pohlédnout na problematiku kvality vstupních dat. Důvody jsou přibližně následující:

Potřebou vytvoření logicky integrované databáze překonávající formátový, geometrický (měřítko, rozlišení, projekce) a logický nesoulad disponibilních dat o krajině, zejména o jejím přírodním pozadí, jakožto prostředí realizace přírodních i antropogenních procesů v území, a také o antropických vlivech na území.

Potřebou vytvoření tematických modelů lépe „napasovaných“ na problematiku české krajiny a domácích datových zdrojů, rovněž ovšem potřebou případného „sblížení“ osvědčených zahraničních modelů a českých datových zdrojů.

Nezbytností experimentálního ověření možných cest tvorby integrované databáze, jejího použití v rámci vlastních i importovaných externích modelů a názorné vizualizace v 2D, 3D a 4D prezentacích.

Datová podpora územního managementu v GIS je značně rozkolísaná ve smyslu uspokojení konkrétních potřeb tematického úkolu. Mnohé otázky teritoriálního managementu, ať již jde například o tvorbu územních plánů, kra-



Obr. 2 – Mechanickým naložením digitálních analytických vrstev vzniká množství nesmyslných kombinací parametrů

lišných dat, vždy u jiného správce a v jiném místě. Je to výsledek dřívější nekoordinované státní informační politiky v případě pořizování analogových i digitálních prostorových dat z veřejných prostředků na jedné straně a na druhé straně pragmatickým chováním soukromých subjektů, pro které jsou prostorové informace zbožím. Za těchto okolností je zcela nezbytné přistoupit k vývoji takových postupů, které by digitální analytická (tematická) geodata uvedly do vzájemných souvislostí, jak je tomu mezi jejich parametry v přírodě, kulturní krajině a sociálně ekonomické sféře. Za tímto účelem byl vyvinut digitální model krajiny (dále DMK) jako produkt všestranné integrace geodat i jako optimální datový model pro práci s technologiemi GIS a případně dalších navazujících softwarových balíčků, např. expertních systémů čili tematických modelů (modulů). Cílem příspěvku je nastínit a na příkladu demonstrovat tvorbu i případné využití DMK.

Také v zahraničí existuje snaha propojit analytické datové vrstvy do logického souboru. Relativně nejlepších zkušeností s mnohoatributovými prostorovými modely území (krajinnými modely nelze dosavadní příklady nazvat, neboť data v nich nejsou všestranně integrována, ale jen geometricky slícována) bylo zatím dosaženo v hydrologickém modelování. Zde v tzv. mikroměřítku (microscale) slouží územní jednotky homogenní z hlediska všech sledovaných proměnných jako tzv. target areas pro aplikaci modelu. Jde o REA – relative elementary area (podle Sivapalana a Kalmy 1995), nebo HRU

jinných plánů, revitalizační dokumentace, dokumentace pozemkových úprav, krizového řízení či mnoha dalších, vyžadují jednak velké objemy prostorových dat, a jednak samozřejmě data kvalitní. Obecně sice je v Česku k dispozici unikátní datová základna, jaká zřejmě nemá obdobu v zahraničí (vyjma Slovenska), co se týče tematického rozsahu a podrobnosti. Originálními vstupními daty do zpracovatelských procedur mohou být tematické analogové a digitální mapy archivované u různých institucí. Situaci však komplikuje vysoká tematická, geometrická a formátová rozmanitost disponibilních prostorových dat (analogových a digitálních map s přípojenými atributy) a samozřejmě rovněž oddělené uložení tematicky od-

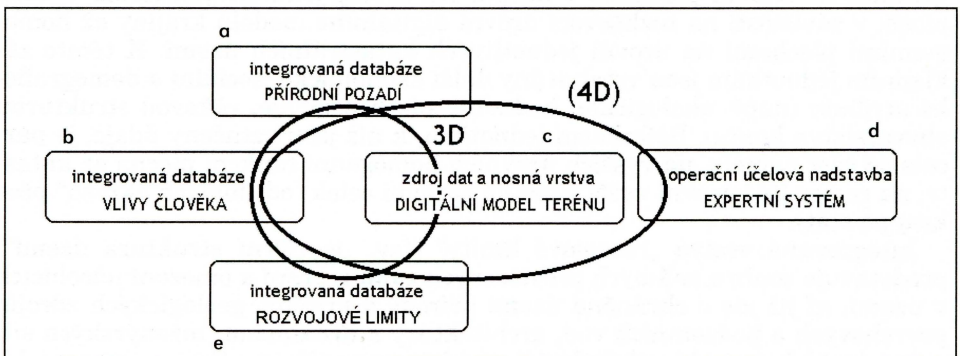
– hydrological response unit (podle Flügel 1995). Podobně byl vyvíjen tzv. ekologický bilanční model (Haber, Schaller 1988), který se snaží postihnout vztahy mezi složkami a prvky krajiny ve vybraném 3D výřezu z krajiny zájmového území z prostorového i časového hlediska pomocí formalizovaných vztahů mezi naloženými informačními vrstvami. Rovněž německý Landschaftsmodel (Zölitz-Möller 2002) je reprezentován pouze mnohovrstevným souborem tematických a topografických map, vč. digitálního modelu terénu. Tematické mapy nejsou logicky slícovány. Je s podivem, že tak závažné problematice je vcelku věnována zanedbatelná pozornost u nás i ve světě.

2. Pojem digitálního modelu krajiny

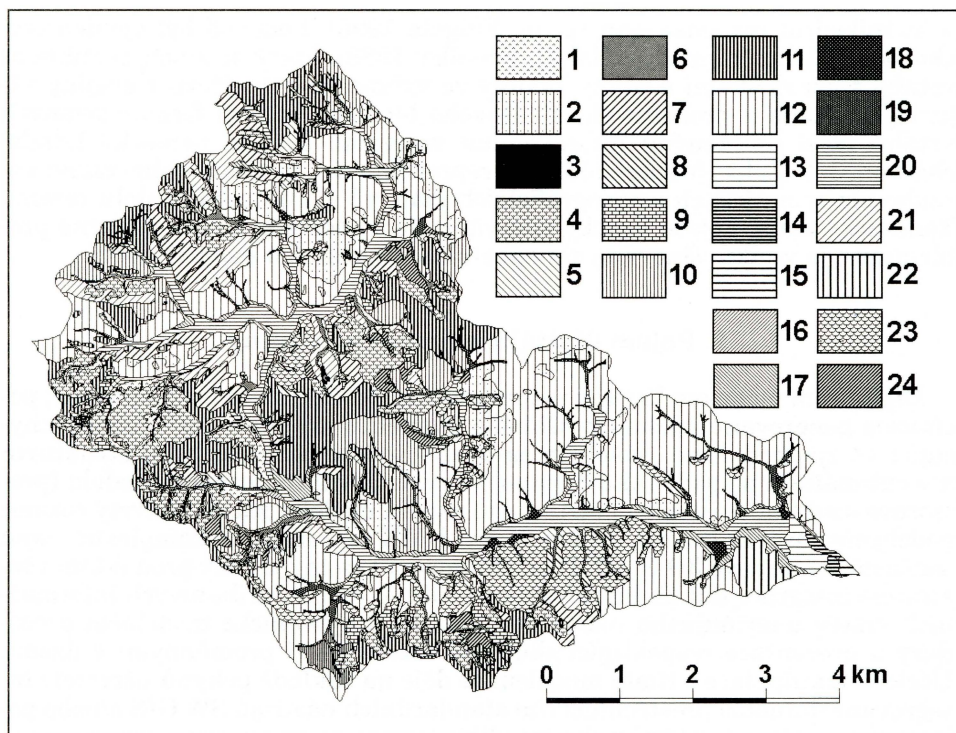
Digitálním modelem krajiny rozumíme minimálně tři- až čtyřrozměrné, počítačem generované schéma vybraného segmentu krajinné sféry Země zachycující ve zjednodušené, avšak integrované podobě jeho základní strukturu a v optimálním případě také dynamické rysy. První tři rozměry modelu (prostorové souřadnice) popisují strukturní aspekt modelu, zatímco čtvrtý rozměr podchycuje aspekt časový. Jinými slovy: DMK reprezentuje komplexní mapu současné krajiny ve 3D či 4D. Digitální model krajiny je tedy produktem všestranné integrace dat do limitovaného souboru mnohoatributových informačních vrstev umožňujícího rozmanité statické a dynamické modelační procedury a prezentace respektující skutečné vztahy mezi proměnnými v území. Účelová manipulace s tímto modelem se děje na základě pokynů uživatele integrované databázi prostřednictvím standardních nástrojů SW GIS a/nebo pokynů z poznatkové základny či metodiky.

Digitální model krajiny tvoří z formálního hlediska logicky (tedy nejen měřítkem, formátem, projekcí či rozlišením) integrované datové vrstvy simulující nově koncipovanou databázi pro GIS, v níž místo značného množství naložených monotematických (analytických) datových vrstev se nachází nízký počet (1–3) mnohoatributové (polytematických) vrstev a digitální model terénu (obr. 3).

Integrovaná vrstva „přírodní pozadí“ (tzv. „primární struktura území“) simuluje roli mnohovrstevné databáze popisující přírodní složky území (obr. 4). Vzniká naložením a logickou (věcnou) integrací komponentních (analytických) tematických map o jednotlivých přírodních složkách prostředí, tj. o geologické stavbě, reliéfu, klimatu, půdních a vláhových poměrech a biotě (po-



Obr. 3 – Základní stavební bloky digitálního modelu krajiny

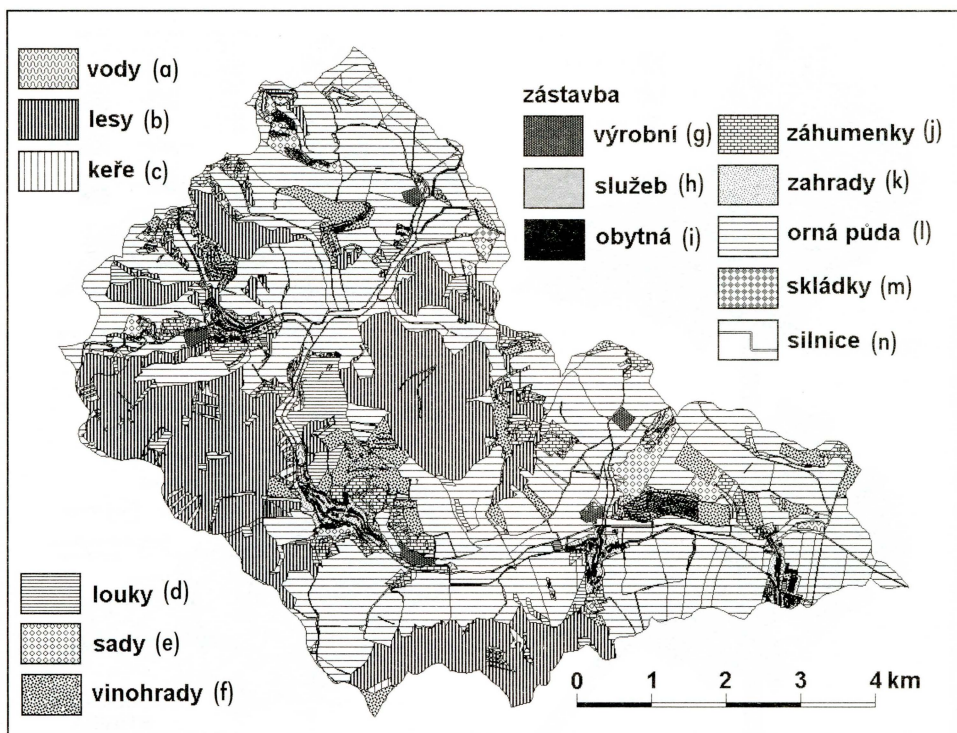


Obr. 4 – Příklad polykomponentní integrované datové vrstvy „přírodní pozadí“ (každý polygon je popsán údajem o geologické stavbě, topoklimatu, půdách, vláhových poměrech a potenciální vegetaci)

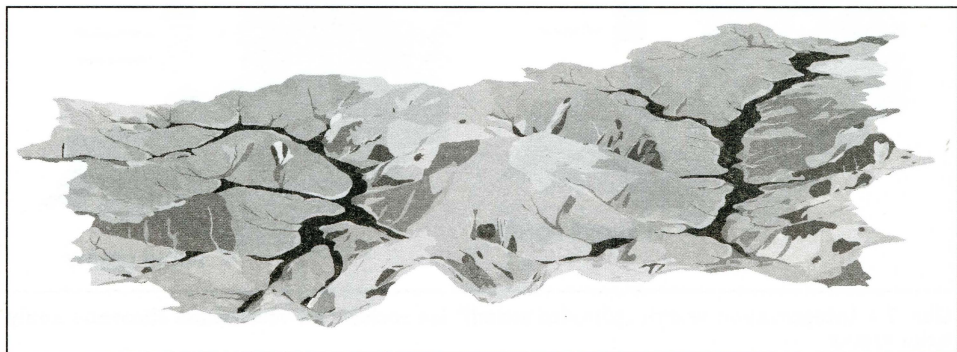
tenciální či rekonstruované v našich poměrech). Jde v podstatě o digitální přírodní krajinnou mapu, která znázorňuje prostorové rozmístění homogenních přírodních krajinných jednotek, jakožto referenčních areálů popsanych vlastnostmi výše uvedených složek.

Integrovaná vrstva „antropické působení“ (tzv. „sekundární struktura území“) prezentuje prostorové rozmístění lidských aktivit v území a jejich produkty (obr. 5). Jednotlivé funkční areály jsou zpravidla představovány homogenními funkčními plochami v území, čili areály jednotlivých forem využití ploch, v závislosti na rozlišovací úrovni digitálního modelu krajiny až homogenními plochami na úrovni jednotlivých katastrálních území. K těmto základním jednotkám jsou vztahovány další ekonomické, sociální a demografické atributy (např. ekologickou hodnotou ploch počínaje, věkovou strukturou obyvatelstva konče). Referenční jednotkou, k níž jsou vztaženy údaje, je parcela až část parcely, na vyšších úrovních homogenní funkční plocha až katastr, na regionální úrovni vyšší územně správní celek (od „malých okresů“ přes kraj po stát).

Integrovaná vrstva „rozvojové limity“ (tzv. „terciární struktura území“) představuje souhrn známých prostorových zájmů, přání a omezení působících v území, ať již jde o chráněná území přírody a krajiny, geologických zdrojů, povrchových a podzemních vod, architektury a urbanismu, inženýrských sítí a jiných objektů vyplývajících z legislativní úpravy, nebo o zájmy a omezení daná věcnými břemeny až rozvojovými plány (např. stavebními uzávěrami). Re-



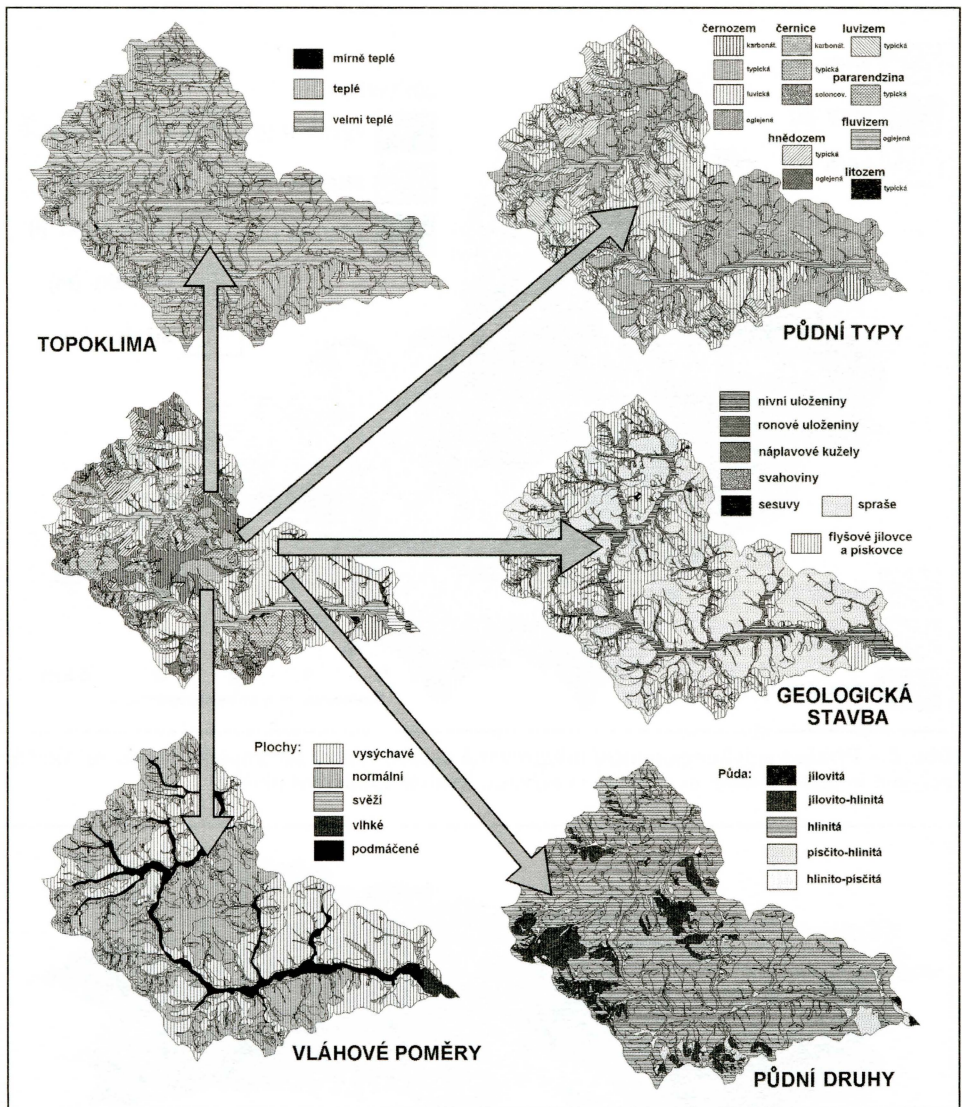
Obr. 5 – Příklad polykomponentní integrované datové vrstvy „antropické působení“ (každý polygon je popsán údajem o formě využívání, kvalitě využívání plochy)



Obr. 6 – Integrovaná vrstva „přírodní pozadí“ je naložena na DMR v 3D pohledu

ferenční areály rozměrově kolísají od parcely až subparcely lokální úrovní přes katastr a vyšší administrativní jednotky až po stát na úrovni regionální.

„Kostrou“ digitálního modelu krajiny je digitální model terénu (DMT), který je „nosnou plochou“ (obr. 6), na které (nebo nad/pod kterou) probíhá statické hodnocení situací a simulace dynamických jevů (např. na jedné straně hodnocení vhodností, rizik, únosnosti atd., na druhé straně postup odtoku, znečištění, vzdušného proudění, morfogenetických pochodů, letu atd.), a také 3D a 4D prezentace dat, výsledků, resp. projekčních produktů. DMT je jediná



Obr. 7 – Integrovanou vrstvu „přírodní pozadí“ lze rozložit na všestranně slícované analytické vrstvy

univerzální vztahná plocha. Na ni naložené uvedené integrované datové vrstvy již fungují z tohoto hlediska jako lokalizující vztahné plochy zařadující sledovaný či modelovaný jev či proces do souvislostí s parametry území. Vzhledem k tomu, že původní krajinou byla krajina přírodní a všechny ostatní krajiny – tedy krajiny kulturní (historické, současné a budoucí) – jsou od ní odvozeny, za digitální model krajiny lze označit již takou integrovanou databázi, která obsahuje integrovanou vrstvu „přírodního pozadí“ a digitální model reliéfu. Bez vrstvy „přírodního pozadí“ jsou ostatní analytické i integrované datové vrstvy a jejich kombinace vždy neúplné a za digitální model krajiny je nelze označit.

Mnohoatributové vrstvy v DMK zahrnují vzájemně logicky (tematicky) slíčovanou multiparametrickou informaci (o všech složkách přírody, aspektech antropického působení a rozvojových zájmů či limitů). V případě potřeby lze každou mnohoatributovou vrstvu rozložit na analytické vrstvy (obr. 7), ovšem tentokrát již vzájemně sladěné, v detailech se lišící od původních – neslícovaných vrstev geodat.

3. Možnosti výstavby digitálního modelu krajiny v Česku

Česká republika patří mezi málo zemí světa, které si vybudovaly kvalitní a velice podrobnou územní dokumentaci. Pomineme-li důvody, které vedly ke sběru podrobných dat o území, faktem zůstává, že naše státní území je vcelku kvalitně zdokumentováno jak v oblasti přírodního prostředí, tak socioekonomické sféry, byť samozřejmě jde o nikdy neuzavřený proces. Zejména v oblasti přírodních složek prostředí (geologické stavby, terénu, půdního pokryvu, vegetačního krytu, vodstva a klimatu) je naše území pokryto analytickými tematickými mapami v měřítku 1 : 5 000 (např. mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek – BPEJ), 1 : 10 000 (půdní typy, druhy, hloubky a poškození v mapách komplexního průzkumu zemědělských půd či v lesnických typologických mapách) či 1 : 25 000 (obvykle tzv. zakryté geologické mapy znázorňující nejen starší horniny a zeminy, ale rovněž také kvartérní pokryv). Tyto mapy byly z pochopitelných důvodů pořizovány mapováním v terénu prováděným specialisty v jednotlivých oborech. Produktem těchto tematických mapování jsou analytické (tematické) mapy jednotlivých složek přírody. Ačkoliv v přírodě jsou parametry znázorňovaných složek přírody vždy ve vzájemném souladu, uživatel analytických map se může snadno přesvědčit při naložení těchto map na sebe, že očekávaný soulad tematických vrstev je iluzorní. Za normálních okolností lze předpokládat, že na konkrétním geologickém substrátu se za daných vlhkostních a klimatických (energetických) podmínek bude vyvíjet konkrétní půda s příslušným vegetačním krytem. Naložením tematických map na sebe však obvykle vzniká množství kombinací jednotlivých parametrů, jaké v přírodě je nemožné. Tyto závady lze odstranit logickou integrací dat při konstrukci syntetické mapy přírodní krajiny. V ní jsou pak již obsaženy jen homogenní mnohoparametrické areály jako typologické přírodní krajinné jednotky s vzájemně správně kombinovanými vlastnostmi přírody.

Podobným nesouladem disponují podklady sesbírané pro projevy antropického působení a přírodu (využití ploch, kvalita biotopů, osevní plochy, účelové plochy aj.). Také v jejich případě při vzájemném naložení vznikají často nesmyslné kombinace proměnných. Rovněž zde je proto logická integrace analytických dat nezbytná, mají-li se věci dostat do vzájemného souladu, jak je tomu v reálném světě. Elementární referenční plochou, ke které lze vztáhnout všechny proměnné může být (v závislosti na měřítku a rozlišení) třeba parcela evidovaná v katastru nemovitostí.

Nejmarkantnějším fyziognomickým (pozorovatelným) prvkem naší krajiny je terén. Projevuje úzký vztah k ostatním přírodním složkám krajiny, ať již je jimi determinován (např. geologickou stavbou), nebo naopak ty prostorově rozrůžňuje jako místní diferenciací činitel (expoziční a výškové změny klimatu, půd a vegetace, organizace odtoku). Člověk působí v krajině selektivně a pro své potřeby si vybírá plochy s nejlepšími hodnotami relevantních parametrů, takže i využití ploch reflektuje nejen ostatní složky přírodní krajiny, ale reliéf (terén) především.

Z těchto poznatků již plyne jednoznačná představa o potřebě mít k dispozici nejen dostatečné množství analytických dat o území v potřebné kvalitě, ale tato kvalita a kvantita musí být solidně provázána s maximálním ohledem na jejich vzájemné souvislosti v reálném světě. Modelem, který mj. tuto stránku údajů o okolním prostředí zabezpečuje, je právě digitální model krajiny.

4. Logická integrace dat jako základní princip konstrukce DMK

Logická integrace dat spočívá v identifikaci homogenních prostorových jednotek – topické až regionální dimenze – registrovaných v polykomponentních (víceatributových) informačních vrstvách v databázi GIS cestou integrovaného krajinného či socioekonomického mapování v terénu, podle dat dálkového průzkumu Země či syntézou archivních dat. V zásadě jde o opak tematického (analytického) mapování, neboť jeho jednoparametrové (monokomponentní) výsledky jsou nyní skládány do modelu odpovídajícího integrální realitě. U homogenních prostorových jednotek se předpokládá stejnorodá odezva na hodnocené, resp. simulované vnější vlivy s možností diferenciací odpovědi podle pozice v území. Vymezením homogenních jednotek s logicky provázanými atributy jsou vstupní analytická (komponentní) data logicky integrována a nikoliv pouze na sebe mechanicky naložena.

Tvorbu integrovaných datových vrstev a digitálního modelu krajiny lze opřít o tři základní metodologické postupy:

- a) manuální integraci analytických vrstev nad vstupními daty v analogové podobě a analogovým integrovaným výstupem s posteriorní digitalizací
- b) semiautomatickou integraci digitálních analytických podkladů prací on-line na obrazovce po formální formátové, projekční a měřítkové integraci dat, případně po procedurách snapování (nalícování odpovídajících si čar v jednotlivých skládaných vrstvách)
- c) automatickou integraci digitálních analytických dat v předpřipravené a neupravené podobě použitím metod vyšší statistiky, např. klasifikací automatizované vytvořených polykomponentních areálů (polygonů) pomocí některých statistických metod, kupříkladu shlukové analýzy s následnými automatickými korekturami atributů ve „špatných“ kombinacích parametrů území.

Jako příklad lze uvést integraci analytických vrstev o jednotlivých přírodních složkách krajiny do integrované datové vrstvy „přírodní pozadí“. Vychází z naložení disponibilních analogových či digitálních analytických dat. Metodickým východiskem je krajinná syntéza respektující míru rozlišení danou měřítkem podkladových materiálů pro vybrané modelové území a účelem finálního digitálního modelu krajiny.

5. Konstrukce DMK povodí Harasky

Postup tvorby DMK byl ověřován na příkladu nevelkého území (cca 55 km²) asi 30 km na východ od Brna v rámci řešení projektu GAČR „Digitální model krajiny jako perspektivní nástroj věd o Zemi“ v letech 2000–2002. Jednotlivé složky přírodního pozadí byly dokumentovány pro experimentální území povodí Harasky ve Středomoravských Karpatech způsobem uvedeným v tabulce 1).

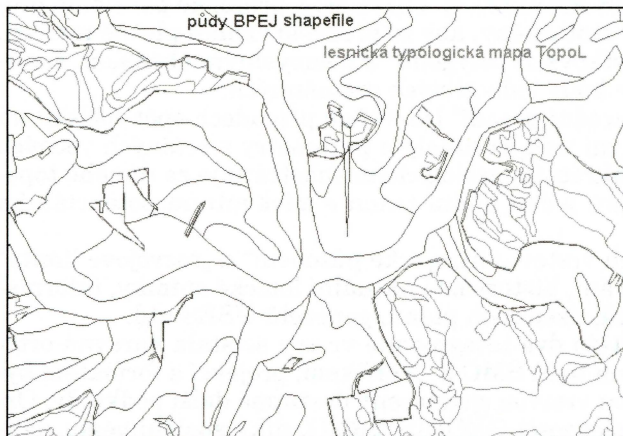
Vlastní postup integrace geodat proběhl ve dvou verzích: analogové (manuálně s následnou digitalizací) a digitální (semiautomatická on-screen integra-

Tab. 1 – Přehled dat použitých k tvorbě integrované vrstvy „přírodní pozadí“

Proměnná	Označení zdroje	Měřítko/ rozlišení	Forma	
			analogová	digitální (formát)
geologie	Základní geologická mapa ČR	1 : 25 000	X	X (prograf)
	Základní geologická mapa ČR	1 : 50 000	X	
	rukopisná geologická mapa	1 : 25 000	X	
půda	KPZP (pro zemědělské půdy)	1 : 10 000	X	X (shape) X (topol)
	BPEJ (pro zemědělské půdy)	1 : 5 000	X	
	lesnická Typologická mapa	1 : 10 000	X	
relief	Základní mapa ČR	1 : 10 000	X	X (shape) X (prograf)
	DMR (TIN a GRID)	1 : 10 000		
	digitalizované vrstevnice	1 : 10 000		
voda	Základní mapa ČR	1 : 10 000	X	X (tif)
	černobílé letecké snímky 1999	1 : 5 000	X	
	barevná ortofotomapa 2000	1:5 000		
vláhové poměry	KPZP (pro zemědělské půdy)	1 : 10 000	X	X (shape) X (topol) X (prograf)
	BPEJ (pro zemědělské půdy)	1 : 5 000	X	
	lesnická Typologická mapa	1 : 10 000	X	
	geologické mapy pro zastavěné plochy	1 : 25 000–	X	
		1 : 50 000		
klíma (potenciální)	BPEJ (pro zemědělské půdy)	1 : 5 000	X	X (shape) X (topol)
	lesnická Typologická mapa	1 : 10 000	X	
biota (potenciální)	lesnická Typologická mapa	1 : 10 000	X	X (topol)

Zdroj: Česká geologická služba, Lesprojekt, Lesy ČR, VÚMOP, Geodis Brno

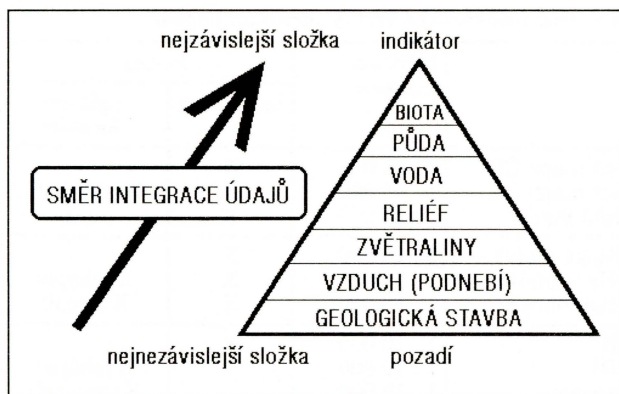
ce) s použitím nástrojů SW GIS ArcView v. 3 při klíčové roli tzv. geoprocessingu. Oba postupy vycházely z principu postupného skládání informací do logických kombinací, jak se vyskytují v daném území. V obou případech byly nejprve vytvořeny monotematické vrstvy pokrývající celé zájmové území



Obr. 8 – Ukázka tvorby monotematické digitální vrstvy spojením dvou odlišných souborů – půdy z dat BPEJ (formát shapefile) a lesnické typologické mapy (formát TopoL)

(obr. 8), neboť s výjimkou geologické stavby a reliéfu geodata byla rozdělena do více datových souborů odlišně pojatých.

Za referenční tématickou vrstvou byla vybrána geologická stavba jako stabilní a dobře prozkoumaná proměnná, přestože vykazovala nižší rozlišení než ostatní složky. Tu bylo nejprve zapotřebí „napasovat“ na reliéf reprezentovaný sítí vrstevnic a také vodní drenážní sítí, obojí ve vyšším rozlišení. Především se to týkalo geologických



Obr. 9 – Závislostní pyramida přírodních složek krajiny jako návod pro postupnou integraci analytických vrstev o přírodních složkách krajiny

objektů na údolních dnech a dalších výrazných terénních hranách (tento proces není kartograficky zcela korektní, ale výrazně snižuje chybu výchozích podkladů). Na takto upravenou vrstvu geologie byly pak postupně nakládány a připojovány monotematické vrstvy další. Jako schéma postupu byla použita tzv. „závislostní pyramida přírodních složek krajiny“ (obr. 9), reprezentující možný případ vzájemné souvislosti (a závislosti)

přírodních složek krajiny. Pouze vrstva klimatu byla vložena až nakonec, neboť lze samozřejmě předpokládat, že klimatické hranice jsou při daném vysokém rozlišení konvenční, že jsou indikovány diferenciací ostatních složek krajiny, zejména půdami a potenciální biotou (pokud se lze na podklady spolehnout).

Skládáním uvedených vrstev na základě znalosti jejich reálných souvislostí byla vytvořena analogová mapa přírodní krajiny s homogenními jednotkami popsanými parametry jednotlivých vstupních analytických souborů a následně digitalizována (v SW GIS ArcView) s rozlišením odpovídajícím použití mapovému měřítku 1 : 10 000. V připojené databázi byl uveden jak sumární kód pro každý typ přírodní krajinné jednotky, tak kódy pro hodnoty jednotlivých komponent (proměnných).

Digitální mapa přírodní krajiny s analogickými homogenními jednotkami vznikala podobně s tím, že každá následující vrstva byla na předchozí „částečně integrovanou“ (podle počtu již spojených vrstev s vrstvou geologie) nejprve „nalícována“ (v SW GIS ArcView), tj. blízko sebe přibližně paralelně probíhající čáry polygonů byly ztotožněny, aby se předešlo vzniku plošně malých, avšak protáhlých, tzv. „zbytkových polygonů“ s nesmyslným obsahem. Databáze pak obsahovala pouze kódy jednotlivých proměnných.

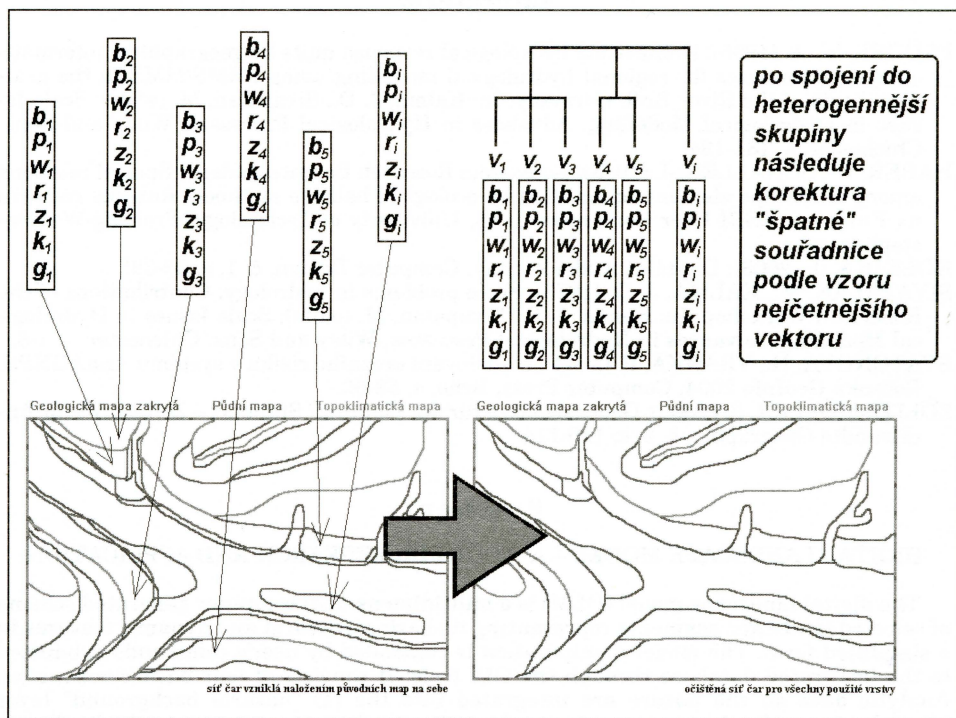
Integrovanou vrstvu „přírodní pozadí“ lze v obou případech opět rozložit na analytické vrstvy, avšak nyní jsou již areály a parametry v reálných věcných souvislostech (např. na konkrétním geologickém substrátu je za daného topoklimatu a vláhových poměrů jeden půdní taxon s adekvátním potenciálním vegetačním pokryvem).

Pro tvorbu integrovaných vrstev „antropické působení“ a „rozvojové limity“ bylo použito terénní mapování, historické i aktuální letecké snímky, informace ze zemědělských podniků, územních plánů, generelů ÚSES atd.

Referenční plochou pro tyto dvě integrované vrstvy se stala barevná ortofotomapa slícovaná s kladem listů SMO 5. Měřítkem, projekcí a formátem byly s touto referenční datovou vrstvou sjednoceny dostupné další podklady. Ortofotomapa z produkce společnosti GEODIS BRNO, díky spolehlivému nalícování na SMO 5 a bohatému obsahu, poskytujícímu množství orientačních a vličovacích bodů, fungovala jako prostředek uvedení řady tematických map do dále používané souřadnicové sítě.

6. Závěrečné hodnocení postupu integrace a výsledného digitálního modelu krajiny

Analogovou i digitální cestou byly získány v zásadě shodné elaboráty. Analogový produkt byl však přece jen obsahově bohatší (více logických kombinací proměnných – o 5, více polygonů – o 15 %) a lépe „napasovaný“ na poměry v daném území. Lze si to mj. vysvětlit tím, že přece jen jistá formalizace postupu „on-screen“ redukuje příležitosti k zamyšlení nad charakterem geodat a jejich vzájemnými vztahy. Při práci s analogovými podklady (která je časově naopak náročnější) je možné vzájemně lépe porovnávat jednotlivé analytické vrstvy a doplňovat v nich (pravděpodobně) chybějící údaje, např. podle půdní mapy lze doplnit údaje do mapy geologické, podle geologické do vlhkostní, podle geologické do půdní, podle půdní do klimatické apod. Při práci na obrazovce je potřebný rozhled přece jen omezen. Výsledný produkt však dává v každém případě záruku, že jednotlivé komponentní údaje jsou ve vzájemném souladu, jak je tomu mezi složkami krajiny v reálném prostředí. Otázkou však vždy zůstává, zda třeba referenční vrstva integrace neobsahovala zásadní chybu, které se pak přizpůsobila proměnná původně správná. Částečně lze tyto případy identifikovat geografickou analýzou souvislostí mezi jednotlivými proměnnými v disponibilní sadě podkladů. Jinak je nutno se spolehnout na kvalitu práce odborníků pořizujících analytické podklady. Experimentování s plně automatizovanou integrací analytických (originálních,



Obr. 10 – Vytváření podobnostních skupin polygonů je cestou k integraci dat a eliminaci ne-správných kombinací použitých parametrů. Vlevo: síť čar vzniklá naložením původních map na sebe, vpravo: očištěná síť čar pro všechny použité vrstvy. Po spojení do heterogennější skupiny následuje korektura „špatné“ souřadnice podle vzoru nejčetnějšího vektoru

nijk neupravovaných) vrstev pomocí metod vyšší statistiky, např. shlukovou analýzou (obr. 10) se jeví jako perspektivní. Odstraňování vadných kombinací parametrů, přes pokrok ve formalizaci a automatizaci tohoto procesu, zůstává však stále časově náročnější.

Integrované vrstvy tvořící digitální model krajiny mají perspektivně široké použití pro prakticky neomezené spektrum nasazení, počínaje rozmanitými analýzami území (cestou mapové algebry), přes účelová hodnocení a vyhledávání a statistické operaci s geodaty, konče vstupy do externích expertních systémů, různých „modelů“ (modulů). Zcela jedinečnou výhodnou integrovaných vrstev je, že představují sítě homogenních referenčních ploch, které lze tematicky „obohatit“ vložením dalšího prakticky libovolného parametru (často jen připojením sloupce v databázi), neboť lze předpokládat, že přidaná proměnná bude mít homogenní distribuci v rámci dané homogenní prostorové jednotky. Pokud tomu tak (ve výjimečných případech) nebude, lze dotčenou homogenní referenční jednotku rozdělit na dílčí. V případě použití početné série analytických map je vždy problematické, ke které z nich nově vkládanou proměnnou bez často přesného zákresu vztáhnout. DMK tak představuje velmi vhodný datový nástroj pro výzkumné i praktické aplikace v území a jako takový byl již efektivně využit např. v plánovací praxi (Kolejka 2003) či hodnocení erozního rizika (Svatoňová, Vranka 2005).

Literatura:

- FLÜGEL, W. A. (1995): Delineating hydrological response units by geographical information system analyses for regional hydrological modelling using PRMS/MMS in the drainage basin of the River Bröl, Germany. In: Kalma, J. D., Sivapalan, M. (eds): *Scale Issues in Hydrological Modelling. Advances in Hydrological Processes*, Wiley and Sons, Chichester, s. 181-194.
- HABER, W., SCHALLER, J. (1988): Ecosystem Research Berchtesgaden – Spatial relations among landscape elements quantified by ecological balance methods. Rukopis referátu na European ESRI User Conference 1988, University of Technology, Freising-Weihenstephan, 30 s.
- KOLEJKA, J. (2003): Digitální model krajiny. *Computer Design*, č. 1, s. 36-39.
- SIVAPALAN, M., KALMA, J. D. (1995): Scale problems in hydrology: Contributions of the Robertson Workshop. In: Kalma, J. D., Sivapalan, M. (eds): *Scale Issues in Hydrological Modelling. Advances in Hydrological Processes*, Wiley and Sons, Chichester, s. 1-8.
- SVATOŇOVÁ, H., VRANKA, P. (2004): Modelování erozního rizika v systému AnnAGNPS. *Ročenka GeoInfo 2004*, Computer Press, Brno, s. 58-60.
- ZÖLITZ-MÖLLER, R. (2002): Geobasisdaten für die Planung? Standort – Zeitschrift für Angewandte Geographie, č. 3, s. 110-114.

S u m m a r y

DIGITAL LANDSCAPE MODEL – A TOOL FOR RESEARCH AND APPLICATION

The digital landscape model (DLM) is a multidimensional computer generated scheme of selected landscape segments representing its basic structural and dynamic features in a simplified form. The model manipulation is controlled by user's commands submitted to the integrated database through the GIS tools. It consists of four basic components. Analytic data on the nature are integrated into the (1) "natural background" layer (digital primary landscape structure), information on human activities in the landscape forms the (2) "human impacts" layer (secondary landscape structure), and the area interests, wishes and restrictions form the (3) "development limits" layer (tertiary landscape structure). The (4) digital elevation model serves as the "skeleton" of the landscape model, provides various terrain data and it is a useful presentation tool. It is

also the carrying surface for processes running above and/or below it during the simulation of dynamic phenomena.

Three data integration methods (manual, semiautomatic, and automatic) were developed to compile a DLM. Brief descriptions of the two first ones are presented on an example of the Haraska River catchment in Southern Moravia (app. 55 sq kms).

The scientific and every day practice benefits can be found in many areas, e.g. landscape analysis, landscape evaluation, territorial decision making, geostatistics, fully logically integrated data set as inputs into commercial and free ware models (erosion, non-point source pollution, mass movement, etc.) and in other multiple applications.

Fig. 1 – While thematic mapping provides analytic data, GIS applications require integrated data. a – landscape, b – local climate, c – biotas, d – drainage network, e – relief forms, f – carrying surface of relief phenomena, g – humidity, h – soils, i – geological underlayer, j – analytic mapping, k – data integration.

Fig. 2 – Number of wrong parameter combinations originates when using mechanical data layer overlay. from the left: covered geological map, soil map, topoclimatic map.

Fig. 3 – Basic structural blocks of a digital landscape model. a – integrated database “natural background”, b – integrated database “human impacts”, c – data sources and carrying surface “digital terrain model”, d – operational purpose structure “expert system” e – integrated database “development limits”.

Fig. 4 – Example of a multiparametric integrated data layer „natural background“.

Fig. 5 – Example of a multiparametric integrated data layer „human impacts“: a – waters, b – forests, c – bushes, d – meadows, e – orchards, f – vineyards, g – production built-up areas, h – service built-up areas, i – residential built-up areas, j – private plots, k – gardens, l – arable land, m – refuse sites, n – roads.

Fig. 6 – 3D view of DEM overlaid with the integrated data layer „natural background“.

Fig. 7 – Disintegration of an integrated data layer „natural background“ into fully registered analytic layers. Up left – topoclimate (moderately warm, warm, very warm), down left – humidity conditions (drying, normal, fresh, wet, waterlogged), up right – soil types (chernozem, black earth, luvisoil, pararendzina, fluvisoil, brown earth, lithosoil), middle right – geological structure (alluvial deposits, water splash deposits, alluvial cones, deluvia, slides, loess, flysch claystones and sandstones), down right – soil types (clayey, clayey-loamy, loamy, sandy-loamy, loamy-sandy soils).

Fig. 8 – Example of a union of two different data sets – soils from BPEJ set (shape) and soils from forestry map (Topol) – into one analytic data layer.

Fig. 9 – Dependence pyramid of natural landscape components as a guideline for a consequent analytic data integration and for elimination of wrong combinations of parameters. Down – the less dependent component, background; upwards – direction of data integration; up – the most dependent component, indicator. Components in the pyramid (from down upwards): geological structure, air (climate), weatherings, relief, water, soil, biotas.

Fig. 10 – Identification of polygon similarity clusters represents the way to automatic data integration and elimination of wrong parameter combinations. Left: network of lines formed by overlaying original maps, right: cleaned-up network of lines for all used layers. After unifying into a more heterogeneous group correction of the “bad” coordinate according to the most frequent vector.

(Pracoviště autora: katedra geografie, Pedagogická fakulta MU, Poříčí 7, 626 00 Brno; e-mail kolejka@ped.muni.cz.)

Do redakce došlo 1. 6. 2005