

Vít VOŽENÍLEK

STRUKTURA DATABÁZE SESUVŮ PRO MODELOVÁNÍ A TVORBU MAP SVAHOVÝCH DEFORMACÍ

Voženilek, V.: Structure of the Landslide Database for Modelling and Production of the Slope Deformation Maps. Kartografické listy, 2003, 2 figs., 5 tabs., 12 refs.

Abstract: Landslides are one of the best-mapped natural hazards. They have been investigated by many scientists and many research teams. Based on these studies registers have been created in analogue form. Digital recording of data on landslides was processed by Geofond of the Czech Republic. However there are several topics (questions) to be mentioned while landslide database is used for landslide map production or landslide modelling – database structure (are all parameters of landslide involved in the database?), use for landslide modelling (are the parameters coded correctly for their modelling?) and use for landslide map production (which map can be created from the database?). The paper brings principal improvement of the landslide database structure to reach above-mentioned requirements.

Keywords: Database, landslides, thematic maps, modelling.

Úvod

Sesuvy jsou jedním z nejlépe mapovaných přírodních rizik. Jejich geologickým i geografickým výzkumem se zabývalo mnoho odborníků i výzkumných týmů. Na základě jejich výsledků vznikly kartotéky a registry v převážně analogové podobě. Digitální evidenci existujících sesuvů provedl až v polovině 90. let Geofond ČR (dnes Česká geologická služba – Geofond). Struktura databáze však přísně kopírovala strukturu kartoték, resp. registrů. Největší objem digitálního zpracování v Geofondu ČR tedy spočíval v přepisu jejich obsahů do *Databáze sesuvů*. Otázkou předcházející využívání *Databáze sesuvů* je vhodnost její struktury pro reprezentaci sesuvů (tzn. zdali jsou v databázi vyjádřeny všechny parametry sesuvu), její informační využitelnost pro modelování svahových deformací (tzn. jsou-li parametry sesuvů vhodně kódovány pro potřeby jejich modelování) a její použitelnost jako zdroj kartografických dat pro tvorbu map svahových deformací (tzn. jaké mapy lze z *Databáze* vytvářet a které metody při nich lze využít).

Databáze sesuvů

Databáze České geologické služby – Geofondu ČR v Praze vznikla z *Registru svahových deformací*. Součástí *Registru* byla i mapa svahových deformací vykreslená na podkladě Základní mapy ČR. Informace obsažené v *Registru* podrobně lokalizovaly a popisovaly všechny zaznamenané sesuvy. Byly uspořádány podle jednotlivých položek (viz tab. 1). Základní členění registru se stalo podkladem pro stanovení struktury *Databáze sesuvů*. V databázi jsou shromážděna podrobná data o existujících sesuvech. Pro účely geografických studií je v *Databázi* k dispozici více než 15 000 záznamů z celé republiky s položkami vztahujícími se k morfologii a lokalizaci sesuvů. Tato data se používají k nejrůznějším úlohám modelování a mapování, například k určení faktorů souvisejícími s náchylností svahů k sesuvům.

Vhodnost struktury databáze pro reprezentaci a modelování sesuvů

Primárním zájmem při využívání databázového uložení parametrů svahových deformací je analýza struktury databáze a její vhodnost pro reprezentaci a modelování sesuvů. Konkrétní otázkou je, zdali jsou v databázi vyjádřeny všechny parametry sesuvu a zdali jsou vyjádřeny maximálně výstižně a přesně.

Tab. 1 Popis struktury Databáze sesuvů

DATABÁZE SESUVŮ	
<u>identifikační údaje:</u>	
číslo, lokalita, okres, LZM (list Základní mapy ČR), mapa G-K (Topografické mapy ČR 1:25 000, SP (stupeň prozkoumanosti), klasifikace, S (stáří obecné), členitost deformace, tvar deformace, aktivita, plocha, mocnost	
<u>numerické a popisné údaje:</u>	
souřadnice x, souřadnice y, souřadnice z, určení sklonu, sklon svahu, rozdíl výšek, délka, šířka, expozice, vznik jevu, dokumentace, rok revize	
<u>přírodní poměry (1):</u>	
využití terénu, taxonomická jednotka, stratigrafie podloží, geologická stavba svahu	
<u>přírodní poměry (2) a sanace:</u>	
stav povrchu, vztah k tokům, prameny, příčina, objekty porušené a ohrožené, sanace, rok sanace	
<u>podrobný popis deformace:</u>	
morfologie povrchu, intenzita porušení svahu, trhliny, smyková plocha, odlučná stěna, tvar odlučné stěny, VYS (výška odlučné plochy), CT (čerstvost tvaru deformace), okraje deformace, čelo deformace, VC (výška čela)	
<u>zpracovatel, organizace, revize:</u>	
zpracovatel, organizace, doplnil a revidoval	

Modelování je důležitá, někdy i nevyhnutelná metoda při řešení mnoha problémů fyzické geografie. Pod modelováním se rozumí všechny fáze procesu poznání, jehož výsledkem je ekvivalence matematického modelu a vyšetřování geografického systému ve vlastnostech a projevech zvolených za podstatné, s přesností postačující danému účelu. Ve fyzické geografii se používá značný počet různých typů modelů. Model nikdy nesmí být duplicitou reality. Na druhé straně příliš jednoduchý model může snížit význam modelovaného jevu, tj. nezbytnosti převést mezi náhodné činitele řadu zákonitě působících faktorů (Burrough 1995).

Nominální modely představují nejjednodušší druh modelů. Jejich podstata spočívá v definování vazeb mezi prvky a složkami pomocí logických operací Boolean algebry. Pro svoji jednoduchost jsou nominální modely snadno realizovatelné v prostředí GIS. Na základě hodnocení existujících sesuvů uložených v *Databázi sesuvů* se zvolí určitá kritéria např. svahy na flyši a spraši, sklon svahů větší než 15° a orientace svahů S, SZ a JZ. Tato kritéria se vyjádří samostatnými vrstvami. Použité logické operace v „sieve mapping“, což je jeho procedurální ekvivalent v GIS, jsou v podstatě deterministické a jejich dvouhodnotová podstata (ano/ne) vytváří prostorové diskontinuity, které neadekvátně odrážejí spojitou podstatu jak stupně ohrožení, tak i některých faktorů. Přestože se jedná o přístup založený na studiu starých sesuvů a dlouhodobých zkušenostech geomorfologů, jsou použité vrstvy dílčích faktorů mnohdy příliš generalizované a v nich stanovené kategorie jevů jsou do jisté míry svévolné. Naproti těmto zásadním problémům je tento způsob modelování výhodný díky relativně snadnému použití téměř ve všech komerčních GIS produktech, a to jak ve vektorových, tak i rastrových.

Tab. 2 Příklad ordinální stupnice vstupních faktorů modelování sesuvů

Faktory	Riziko ohrožení svahů sesuvy dílčích faktorů		
	0 nízké	1 střední	2 vysoké
Litologie	fluviální sedimenty	neogenní pisky, flyšové pískovce, jílovce a slepence	spraše, tégl, jíly
Sklon reliéfu	0–2°	2–15°	15° a více
Orientace svahů	J, JV, V	Z, SV	S, SZ, JZ
Využití země	vodní plochy	lesy, zastavěné plochy	orná půda, louky, pastviny, sady

Metoda **ordinálního modelování** (také modelů váženými faktory) je výsledkem snahy odstranit nevýhody nominálních modelů, a to tak, že každý faktor je vyjádřen v mapové vrstvě jednoduchou ordinální stupnicí ve smyslu jeho důležitosti při sesutí zeminy na svahu. Zvolené stup-

nice jsou určitou váhou pro každý uvažovaný faktor v modelu. V úvodu modelování se vyjádří poznatky z výzkumu starých sesuvů v ordinálních stupnicích ohrožení na základě poměru počtu sesuvů v každé kategorii dílčích faktorů k průměrnému výskytu ve všech kategoriích uvažovaných faktorů. Pak se faktory ohodnotí třídami ordinální stupnice (např. nízký – 0, střední – 1, vysoký – 2) a ty se v prostředí GIS po vrstvách sečtou. Tím se vypočte index ohrožení svahů sesuvy. Pro modelování lze použít libovolný počet vrstev. Přestože přibližně stejných výsledků se dosáhne realizací modelování v rastrovém i vektorovém prostředí GIS (Gee et al. 1990), je výhodnější provádět modelování v rastrových systémech jako aplikace mapové algebry. Index ohrožení vypočtený součtem hodnot dílčích faktorů se na závěr vyhodnotí v kategoriích analogických ordinálním stupnicím vstupních faktorů – nejrizikovější, s mírným ohrožením, s nízkým potenciálním ohrožením svahů sesuvy.

Modelování pomocí spojitých funkcí je v současné době poměrně běžnou záležitostí. Jejich aplikaci v problematice sesuvů se zabývalo již několik týmů (např. Luzi a Fabbri 1995). Nejvhodnější aproximací spojitých modelů pro modelování sesuvů na základě dostupných vrstev je **ordinální regresní model**. Pro účely sestavení ordinálního regresního modelu se použitím Bayesovy teorie pravděpodobnosti převádějí expertní poznatky a zkušenosti do pravděpodobnostní stupnice. To je ovšem zatíženo řadou nedostatků. Nelze rozlišit, které datové vrstvy jsou důležité při sesuvu, které jsou podřadnější a u kterých vrstev může být jejich podíl jistým způsobem potlačen nebo dokonce ignorován. Dále neumožňuje interakci mezi použitými faktory a dalšími důležitými faktory neuvažovanými v modelu. Ordinální regresní model využívá dostupné faktory a jim odpovídající data na jejich informačních úrovních. Chápe je jako jevy reprezentovatelné minimálně ordinálními a maximálně intervalovými digitálními daty (Gardziel a Voženílek 1995). Ke kalibraci ordinálního regresního modelu spojujícího pravděpodobnost výskytu sesuvů a jednotlivých kategorií dílčích faktorů se nejčastěji používá regresní analýza. Tento přístup, který umožňuje zapojení souboru popisných dat starých sesuvů z *Databáze sesuvů*, poskytuje dobré podmínky pro určení potenciálních sesuvů. Kalibrace tohoto modelu nemůže využít lineární regresi nejmenších čtverců minimálně ze dvou důvodů. Zaprvé, závislá proměnná je binární veličinou (0/1, sesuv/nesesuv). Zadruhé, některé nezávislé proměnné (např. litologie) jsou vyjádřeny vnitřně ordinální (kategorickou) veličinou. Tato skutečnost nedovoluje sestavit „intervalový model“ využívající intervalová data faktorů sklonu a orientace, protože je nepřípustné používat v modelu data různých typů (v tomto případě jak ordinální, tak i intervalová). Odhad parametrů těchto modelů je nejčastěji prováděn speciálními softwarovými produkty, např. GLIM (Baker a Nelder 1978) nebo ECTA (Fay a Goodman 1975). Přestože ordinální regresní model popisuje sesuvy poměrně přesně, je pouze obecným přiblížením rozmístění sesuvů jako prostorového jevu. Ordinální regresní model na základě obecnosti všem kombinacím počítá pravděpodobnost výskytu, která však není v reálu v plné míře naplněna. Proto musejí být výsledky závěrečného modelování hodnoceny kriticky.

Informační úroveň databáze

Významný je vliv odlišné informační úrovně vstupních veličin reprezentovaných různým typem digitálních prostorových dat. Podle typu vstupů – nominálních, ordinálních, intervalových a poměrových – je nutné vytvářet model na stejné informační úrovni, protože výsledky jsou data stejné úrovně. Typy digitálních dat a jim odpovídající informační úrovně nelze zaměňovat nebo kombinovat. Jako nejpřesnější se ukázaly být výsledky regresního ordinálního modelování díky maximálnímu využití poznatků ze studia starých sesuvů z *Databáze sesuvů*. Do modelování lze zapojit mnoho dílčích faktorů.

Dostupné informace a znalosti o sesuvech se při sestavení modelů a určení nejrizikovějších oblastí z pohledu ohrožení sesuvů aplikují jako vstupní hodnoty základních činitelů. Stejný přístup je i při zjišťování odhadů stupně ohroženosti. Prostorové modely jsou velmi účinným nástrojem pro popis a hodnocení nejen sesuvů, ale i dalších fyzickogeografických jevů (Voženílek 1991, 1994a,b). Modelování probíhá podle všeobecných pravidel a přináší adekvátní výsledky (Voženílek 1994a, Burrough 1995, Dikau 1992).

Informační úroveň databáze je určena jednak zvolenými typy digitálních dat v jednotlivých položkách, jednak její „prostorovostí“. Prostorová databáze je soubor strukturovaných prostorových dat, která se vybírají a ukládají v souladu s konkrétním datovým modelem a datovou struk-

turou. Od tradičních (neprostorových) databází používaných jako kartotéky nebo účetní programy se prostorová databáze liší především skutečností, že navzájem spojuje grafická a negrafická data. Je modelem reality ve stejném smyslu, jakým databáze vyjadřuje vybrané soubory prostorových jevů. Schopnost ukládat a obhospodařovat prostorová data s využitím geografické databáze je nejdůležitější vlastností GIS.

Napojení databáze na tematické vrstvy GIS projektu je jedním z možných způsobů vytvoření prostorových databází. ČGS – Geofond ČR však pro účely GIS poskytují pouze nepatrný zlomek obsahu své *Databáze sesuvů* (viz obr. 1 a 2), což je ke škodě při mnoha geografických a kartografických úlohách.

Databáze sesuvů jako zdroj kartografických dat pro tvorbu tematických map svahových deformací

Současná kartografie je mnohdy nesprávně zužována pouze na soubor metod vizualizace prostorových databází. Na druhé straně je však pravdou, že zmíněná vizualizace je zcela jednoznačným tématem počítačové kartografie. Trendy směřující k tvorbě prostorových databází jako základních bank kartografických dat jsou již plně přijímatelnými přístupy ve většině kartografických projektů. Proto narůstá potřeba podílet se i kartograficky na navrhování, sestavování, naplňování a posléze i prezentování prostorových databází je zcela namístě.

Shape	Area	Perim	Length	Seq	Seq of	Poss	Lokality	Klauz	Skup. skl	Prst. zmen	Sest
PolypLine	0	0	0	205 11 4800	1	1	MARUŠIN	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	715 440700	2	2	PEŠEC	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1265 52000	3	3	MILUBOKA	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	789 141102	4	4	LURECMA	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1388 804000	5	5	25	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	329 340200	6	6	POLNODRŽAVY	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1361 42000	7	7	ZAVRATEC	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	701 450400	8	8	ZAVRATEC	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	238 380000	9	9	ZLEB CHALOVICE	sesuv	skluz	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1521 271000	10	10	2	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1386 020200	11	11	HORKA	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	838 040100	12	12	MISE TMI	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	688 135000	13	13	CEŠKA RYBNÁ	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	375 380100	14	14	OSTRAVOV	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	185 192500	15	15	STEPANOV	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	404 470000	16	16	RADIM	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	425 381200	17	17	RADIM	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	143 267800	18	18	LUZE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1111 620000	19	19	REPNICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1157 500000	20	20	BL. KLAV	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	878 580200	21	21	STREMOŠICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	951 803500	22	22	STREMOŠICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	247 326400	23	23	STREMOŠICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	322 580000	24	24	DOKUBRANICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	716 590500	25	25	LURECMA	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	769 027700	26	26	LESTINA	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	251 691300	27	27	LESTINA	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	848 125200	28	28	MILUBOKA	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1188 903000	29	29	MILUBOKA	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	574 760000	30	30	MILUBOKA	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	217 818200	31	31	BRANICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	216 480000	32	32	STREMOŠICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	2741 180000	33	33	ZAVRATEC	sesuv	potenci h	1979	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	829 801400	34	34	ZAVRATEC	sesuv	potenci h	1984	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	562 771000	35	35	TREMOŠICE	sesuv	potenci h	1984	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	408 328100	36	36	TREMOŠICE	sesuv	skluz	1984	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	1022 212000	37	37	BEŠTŮVNA	sesuv	potenci h	1984	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	877 389100	38	38	BEŠTŮVNA	sesuv	potenci h	1984	Nesazov no
PolypLine	0	0	0	2142 818000	39	39	BEŠTŮVNA	sesuv	potenci h	1984	Nesazov no

Obr. 1 Ukázka výpisu databáze atributů liniové vrstvy sesuvů poskytované ČGS – Geofondem ČR (Pozn.: Entita sesuv je reprezentována obrysovou linií)

Shape	Area	Perimeter	Seq	Seq of	Poss	Lokality	Klauz	Skup. skl	Prst. zmen	Sest
Point	0.000000	0.000000	1	13	2	KUTRAN	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
Point	0.000000	0.000000	2	17	2	LUZE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no
Point	0.000000	0.000000	3	20	5	VOLEVICE	sesuv	potenci h	1982	Nesazov no

Obr. 2 Ukázka výpisu databáze atributů bodové vrstvy sesuvů poskytované ČGS – Geofondem ČR

Tab. 3 Způsob kartografického vyjádření atributů svahových deformací z Databáze sesuvů

Identifikační údaje	Typ digitál. dat	Způsob kartografického vyjádření	Význam v mapě
číslo	Nominální	Popisem	Významné
lokality	Nominální	Popisem	Významné
okres	Nominální	určeno topologicky (topol.)	Nepraktické
list Základní mapy ČR 1:25 000	Nominální	určeno topol.	Nepraktické
list Topografické mapy ČR 1:25 000	Nominální	určeno topol.	Nepraktické
stupeň prozkoumanosti	Ordinální	Parametrem znaku (P.z.)	Druhořadé
klasifikace	Nominální	P. z.	Významné
stáří	Poměrové	P. z.	Významné
členitost deformace	Poměrové	P. z.	Druhořadé
tvár deformace	Nominální	P. z.	Druhořadé
aktivita	Nominální	P. z.	Významné
mocnost	Poměrové	P. z.	Významné
plocha	Poměrové	Bodové: P. z., Plochy: topol.	Druhořadé
Numerické a popisné údaje			
souřadnice x	Obsaženo v prostorové složce databáze		
souřadnice y	Obsaženo v prostorové složce databáze		
souřadnice z	Intervalové	určeno vazbou na výškopis	Druhořadé
určení sklonu	Nominální	P. z.	Druhořadé
sklon svahu	Intervalové	P. z.	Druhořadé
rozdíl výšek	Intervalové	P. z.	Druhořadé
délka	Poměrové	Bodové: P. z., Plochy: topol.	Druhořadé
šířka	Poměrové	Bodové: P. z., Plochy: topol.	Druhořadé
expozice	Intervalové	P. z.	Druhořadé
vznik jevu	Nominální	P. z.	Významné
dokumentace	Nominální	Popisem	Nepraktické
rok revize	Intervalové	P. z.	Druhořadé
Přírodní poměry			
využití terénu	Nominální	Určeno topologicky	Nepraktické
taxonomická jednotka	Nominální	P. z.	lépe vyjádřit podkladem
stratigrafie podloží	Nominální	P. z.	lépe vyjádřit podkladem
geologická stavba svahu	Nominální	P. z.	lépe vyjádřit podkladem
stav povrchu	Ordinální	P. z.	Významné
vztah k tokům	Nominální	P. z.	Druhořadé
prameny	Nominální	P. z.	Druhořadé
příčina	Nominální	P. z.	Významné
objekty porušené a ohrožené	Nominální	P. z.	Významné
sanace	Nominální	P. z.	Druhořadé
rok sanace	Intervalové	P. z.	Druhořadé
Podrobný popis deformace			
morfologie povrchu	Nominální	P. z.	Významné
intenzita porušení svahu	Ordinální	P. z.	Významné
trhliny	Nominální	P. z.	Druhořadé
smyková plocha	Nominální	P. z.	Významné
odlučná stěna	Nominální	P. z.	Významné
tvár odlučné stěny	Nominální	P. z.	Druhořadé
výška odlučné plochy	Poměrové	P. z.	Druhořadé
čerstvost tvaru deformace	Ordinální	P. z.	Významné
okraje deformace	Nominální	P. z.	Druhořadé
čelo deformace	Nominální	P. z.	Druhořadé
výška čela	Poměrové	P. z.	Druhořadé
Zpracovatel, organizace, revize			
zpracovatel	Nominální	Popisem	Nepraktické
organizace	Nominální	Popisem	Nepraktické
doplnil a revidoval	Nominální	Popisem	Nepraktické

Základním aspektem databáze, který ovlivňuje veškerá další kartografická zpracování, je volba a uložení vlastností sesuvu pomocí digitálních dat a jejich typů (viz tab. 3). Snahou je vždy použít co nejvyšší typ dat, aby informační hodnota prostorové databáze byla co nejvyšší a umožňovala maximální využití při modelovacích a simulačních procedurách. Je-li atribut, který je ve

své podstatě vyšším typem digitálních dat (např. poměrový – plocha 12,54 m²), ovšem uložen pomocí nižšího typu dat (např. ordinálního – malý), dochází ke ztrátě informační hodnoty, což výrazně snižuje použitelnost modelovacích technik, přesnost výsledků i další aplikační možnosti využití celé databáze.

Způsob kartografického vyjádření, t.j. volba nevhodnější metody, je v případě vizualizace prostorové databáze determinována. Jednotlivé typy digitálních dat (tab. 4) umožňují použití konkrétních vyjadřovacích metod. Parametrem znaku se vyjadřují všechny atributy, které představují základní vlastnosti sesuvu jako prostorového objektu. Atributy lokalizace sesuvu jsou určeny topologicky ve vztahu k souřadnicovému systému, topografickému podkladu nebo kladu listů. Popisem se interpretují identifikační a doplňkové atributy.

Tab. 4 Kartografické vyjadřovací metody jednotlivých typů digitálních dat

Typ digitálních dat	Kartografické vyjadřovací metody	
	bodové Metoda bodových znaků	plošné Areálová metoda
nominální	tvár nebo struktura nebo výplň	barvou (odlišení tónem) nebo popisem nebo kvalitativním rastrem nebo obrysem areálu
ordinální	velikost, intervalová stupnice hodnotových měřitek	barvou (odlišení jasem a sytostí) nebo kvantitativním rastrem
intervalové	velikost, plynulá stupnice hodnotových měřitek	barvou (odlišení jasem a sytostí) nebo kvantitativním rastrem
poměrové	velikost, plynulá stupnice hodnotových měřitek	barvou (odlišení jasem a sytostí) nebo kvantitativním rastrem

Klasifikace atributů databáze v kategoriích „významné“, „druhořadé“ a „nepraktické“ vychází z potřeb geografické praxe, i z kartografické logiky. Jako významné jsou klasifikovány atributy, které představují základní vlastnosti sesuvů a při jejich charakterizování jsou nejpoužívanější. Jako druhořadé jsou hodnoceny atributy, které mají význam pouze při některých specifických geografických a geologických úlohách. Jako nepraktické jsou označeny atributy, které mají charakter archivační, nikoli geografický. Některé atributy databáze se vztahují k okolí nebo podloží (resp. povrchu svahu) sesuvu, proto se nevyjadřují v konceptu znaku sesuvu, ale je vhodnější zahrnout je v rámci obsahu mapy do topografického podkladu.

V současné kartografické tvorbě se mapám sesuvů nevěnuje zvláštní pozornost. Sesuvy jsou tradičně součástí geologických map, kde jsou vyjadřovány jako bodové nebo plošné objekty. V českých podmínkách je obsahují Geologické mapy ČR 1:25 000. Z existující *Databáze sesuvů* spravované Českou geologickou službou – Geofondem ČR lze vytvořit několik map svahových deformací, především sesuvů. Mohou jimi být mapy morfologie sesuvů, mapy příčin sesuvů a mapy prozkoumanosti sesuvů. Vlastní sestavení obsahu těchto tematických map, především strukturalizace tematického obsahu (viz tab. 5) a výběr prvků topografického obsahu však záleží především na účelu mapy a naplnění databáze.

Závěr

Pro modelování ohrožení svahů sesuvy existuje mnoho přístupů. Prostředí geografických informačních systémů je velmi výhodné pro realizaci modelování, umožňuje důkladně připravit vstupní data, provést vlastní modelování i odpovídající kartografickou prezentaci výsledků. Výsledky modelování jsou přínosné pro praktické rozhodování při hodnocení krajiny a přírodních a socioekonomických střetů zájmů. Dílčích faktorů podílejících se na sesuvech svahů je mnohem více než parametrů v *Databázi sesuvů*. V ní chybějí důležité faktory jako jsou zejména tvar reliéfu, podkopání svahu, délka svahu, mocnost vrstev a typ obdělávání povrchu (Moore a Nieber 1989).

Navržené druhy map – mapa morfologie sesuvů, mapa příčin sesuvů, mapa prozkoumanosti sesuvů – představují maximální využití stávající *Databáze sesuvů*, které by výrazně usnadnilo využívání shromážděných údajů. Ve skutečnosti je však díky nerovnoměrnému naplnění *Databá-*

ze (různé v jednotlivých položkách) spíše nereálné. Kartograf při konstrukci některé z výše uvedených map bude omezen kompletností *Databáze* a od některých položek bude nucen abstrahovat právě z důvodu nekompletního naplnění. Proto je nejvýše potřebné při aktualizaci *Databáze* a vkládání nových záznamů plně respektovat pravidlo kompletního záznamu především pro kartografické účely.

Tab. 5 Využití položek Databáze sesuvů jako parametrů znaků pro sesuv

Drub mapy	Atribut databáze pro vyjádření parametrů sesuvu v obsahu mapy
m. morfologie sesuvů	Členitost deformace Tvar deformace Mocnost Plocha Délka Šířka Smyková plocha Odlučná stěna Tvar odlučné stěny Výška odlučné stěny Čerstvost tvaru deformace Okraje deformace Čelo deformace Výška čela
m. příčin sesuvů	Vznik jevu Příčina Sklon svahu Expozice Taxonomická jednotka Stratigrafie podloží Geologická stavba svahu Stav povrchu Vztah k tokům Intenzita porušení svahu Trhliny
m. prozkoumanosti sesuvů	Klasifikace Aktivita Dokumentace Rok revize Sanace Rok sanace

Literatura

- BAKER, R. J., NELDER, J. A. (1978). *The GLIM System: Release 3*. Oxford (Numerical Algorithm Group).
- BURROUGH, P. A. (1995): Costs and Benefits of Environmental Modelling with GIS. *Proceeding of First JECEGI*, Haag, 253–262.
- Databáze sesuvů*. Praha, Geofond ČR.
- DIKAU, R. (1992). Geomorphic Landform Modelling Based on Hierarchy Theory. In: *Proceeding of International Conference on Spatial Data Handling*, Charleston, 230–239.
- FAY, R. E., GOODMAN, L. A. (1975). *The ECTA Program: Description for Users*. Chicago (Department of Statistics, University of Chicago).
- GARDZIEL, Z., VOŽENÍLEK, V. (1994). Computer Interpolation of Pre-Quaternary Surface. *The Moravian Geographical Reports*, 2, 1, 22–29.
- GEE, D. M., ANDERSON, M. G., BAIRD, L. (1990). Large-Scale Floodplain Modelling. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15, 515–523.
- LUZI, L., FABBRI, A. G. (1995). Application of Favourability Modelling to Zoning of Landslide Hazard in the Fabriano Area, Central Italy. In: *Proceeding of First JECEGI*, Haag, 398–403.

- MOORE, I. D., NIEBER, J. L. (1989). Landscape Assessment of Soil Erosion and Nonpoint Source Pollution. *Journal of Minnesota Academy of Science*, Vol. 55, No. 1, 18–25.
- VOŽENÍLEK, V. (1991). Digital Models in Geographical Research. *Proceedings of EGIS 91*, Brussel.
- VOŽENÍLEK, V. (1994a). Computer Models in Geography. *Acta UPO, Fac. rer. nat. 118, Geographica-Geologica 33*, Olomouc, 59–64.
- VOŽENÍLEK, V. (1994b). Data Format and Data Sources for Hydrological Modelling. In: *Proceedings of RC IGU*, Praha.

Summary

Structure of the Landslide Database for Modelling and Production of the Slope Deformation Map

Primary interest when using database storage of landslide parameters is analysis of database structure and its availability for landslide representation and modelling. There is a question if all landslide parameters are involved within the database and if they are expressed precisely.

Influence of information level of input factors represented by various types of digital data (nominal, ordinal, interval and ratio) is very important. There is necessary to build a model at information level respecting type of digital data. The types and corresponding information levels cannot be changed or combined. Many other factors can be involved to modelling.

Database linking to thematic GIS layers is one of possible ways of creating spatial databases. Czech Geological Service – Geofond of the Czech Republic provides only small part of the Database for GIS applications (see Fig. 1 and Fig. 2).

Current cartography is often wrongly presented as a set of methods for spatial database visualisation. On the other side it is true that the visualisation is a topic of computer cartography. Trends towards spatial database creation, as fundamental bank of cartographical data is widely applied approaches in most cartographical projects. That is reason why there is urgent need the cartographers to participate in designing, completing, updating and presenting all spatial databases.

Defining and storage of landslide parameters using digital data are fundamental aspects of the database, which impact all further cartographical procedures (see Tab. 4). There is an effort for using as highest type digital data as possible to provide maximal information level in modelling and simulation.

Several landslide maps can be completed for existing Landslide Database managed by Czech Geological Service – Geofond of the Czech Republic, for example map of landslide morphology, map of landslide exploration or map of landslide reason. However completing of map contents, especially structure of thematic content and defining of topographical elements (see Tab. 5), depends on purpose of the map and database.

Fig. 1. Screenshot of attribute list of line layer provided by ČGS – Geofond ČR.

Fig. 2. Screenshot of attribute list of point layer provided by ČGS – Geofond ČR.

Tab. 1. Description of Landslide database.

Tab. 2. Example of ordinal scale for input factors in landslide modelling.

Tab. 3. Approach of cartographical interpretation for landslides attributes from Landslide database.

Tab. 4. Methods of cartographical interpretation for particular types of digital data.

Tab. 5. Using of Landslide database items as landslide symbol parameter.

Lektoroval:

Doc. RNDr. Jozef MINÁR, CSc.,

Univerzita Komenského, Bratislava