

Dagmar KUSEDOVÁ, Jozef MINÁR

KARTOGRAFICKÉ SPRACOVANIE VÝSLEDKOV KOMPLEXNÉHO GEOMORFOLOGICKÉHO VÝSKUMU V PROSTREDÍ GIS-u

Kusendová, Dagmar - Minár, Jozef: Cartographic processing of the results of complex geomorphological research in the context of GIS. Kartografické listy, 1995, 3, 7 figs., 3 refs.

Abstract: Regional geomorphological research provides us with great amount geomorphological informations with we can use effectively in further research, protection and evaluation of landscapes. Specialized geomorphological GIS is amazingly advantageous both for storage and generation of the parts of these informations, as well as for their processing and visualization. The paper deals with using of such GIS in creation of digital geomorphological maps on the designed terrain in the form of final databases. On the number of digital maps it is shown how to select, complete and verify geomorphological informations in GIS context and how to process and apply them.

Keywords: complex geomorphological research, geomorphological GIS, geomorphological database and maps

Úvod

Riešenie environmentálnych problémov (environmentálna revolúcia) stavia pred čiastkovú geovednú disciplínu dve základné požiadavky:

1. poskytovať z hľadiska danej disciplíny čo najkomplexnejšie informácie o skúmanom regióne;
2. poskytovať ich v takej forme, aby sa mohli operatívne dopĺňovať, porovnávať účelovo vyberať a spracovávať pre potreby rôznych krajinnoekologických aplikácií.

Odpoveďou na prvú požiadavku je v rámci geomorfológie koncepcia komplexného geomorfologického mapovania, ktorá sa v posledných rokoch rozvíja v zahraničí [1], ale aj u nás [2]. Samotná snaha o komplexný geomorfologický výskum nesie so sebou potrebu riešiť súbežne aj druhú požiadavku, pričom ideálnym prostredím zberu, spracovania a distribúcie veľkého množstva priestorových informácií je bezpochyby GIS [3].

Metódy a postupy geomorfologického výskumu sa u nás rozvíjali doposiaľ najmä tradičnými formami pozemného (terénneho) prieskumu, menej už pomocou metód diaľkového prieskumu Zeme. Ich výsledkom bola tematická (geomorfologická) mapa zhotovená klasickými postupmi. S nástupom technológií GIS sa aj v tejto oblasti výskumu objavili snahy zaviesť do tvorby týchto máp automatizáciu a výpočtovú techniku (počítače).

Geomorfológia, ako vedná disciplína ktorá disponuje vysokým stupňom poznania predmetu svojho štúdia, umožňuje zaviesť kvantifikáciu sledovaných procesov, javov a vôbec georeliéfu. Tým poskytuje vhodné podmienky na použitie technológií GIS v procese ich výskumu. Programové moduly GIS na výpočet základných morfometrických parametrov (sklonu, orientácie), digitálne modely georeliéfu, vizualizačné techniky viacrozmerného zobrazovania georeliéfu sa stávajú bežnou súčasťou komerčných GIS-ov (napríklad ARC/INFO, ERDAS, MGE,...).

Súbežne s týmito trendami sa rozpracúvajú ďalšie nástroje GIS na digitálne modelovanie ďalších parametrov reliéfu. V súvislosti s tým sa stáva aktuálnou úloha spoj-

tradičné formy a výsledky geomorfologického výskumu (a to najmä komplexného) s možnosťami, ktoré poskytuje súčasný rozvoj GIS-ov. Spolu s rozširujúcim sa spektrom oblastí použitia GIS-ov rastie aj špecializácia na jednotlivé súčasti prác pri ich tvorbe. Začínajú vznikať špecialisti, ktorí sa sústreďujú na tvorbu čoraz efektívnejších nástrojov a postupov určených na zber, uloženie, spracovanie a prezentáciu údajov, uložených v údajovej báze GIS.

V podstate je možné rozlíšiť dva hlavné smery vývoja GIS-ov z hľadiska ich využitia pre jednotlivé geovedy:

- smer s dôrazom na formálnu stránku zvládnutia technických a programových prostriedkov GIS,

- smer zameraný na obsahovú stránku vecí s dôrazom na znalosť problematiky, ktorý daný GIS pomáha riešiť.

Z uvedeného vyplýva, že bez úzkej spolupráce odborníkov tak z oblasti GIS, ako aj z príslušných geovied, nie je možné vytvoriť funkčný GIS.

Komplexný geomorfologický výskum

Moderný geomorfologický výskum (v súvislosti s rastúcim environmentálnym zameraním) presúva stále viac svoju pozornosť od tradičného štúdia genézy a veku georeliéfu k štúdiu súčasných geomorfologických procesov, ktorých priestorová diferenciácia je z veľkej časti podmienená morfometrickými vlastnosťami georeliéfu, či litologickým obsahom jednotlivých foriem. Je málo efektívne skúmať tieto vlastnosti krajiny nezávisle od seba, naopak prax vyžaduje čo najkomplexnejšie informácie o študovanom regióne. V súvislosti s tým sme sa pokúsili vyjadriť úzke priestorové a obsahové väzby medzi genézou, vekom, morfometriou, morfodynamikou, ale aj litologickým obsahom foriem georeliéfu prostredníctvom koncepcie **elementárnych foriem georeliéfu**.

Základnou tézou tejto koncepcie je postulát, že rovnorodosť genézy najmenších (v danej mierke elementárnych) jednotiek georeliéfu sa premieta do rovnorodosti (konštantnej hodnoty) niektorých morfometrických parametrov tejto jednotky. Tieto jednotky (elementárne formy) sú potom ohraničené líniami nespojitosti konštantných (formotvorných) morfometrických parametrov, ktoré možno identifikovať priamo z topografických máp. Genéza akumuláčnych foriem je bezprostredne spätá s ich litológiou a úzku väzbu možno nájsť aj medzi odnosovými elementárnymi formami a ich litologickým obsahom. Homogenita morfometrických a geneticko-litologických vlastností elementárnych foriem je potom základným predpokladom homogenity potenciálnej súčasnej morfodynamiky elementárnych foriem (predovšetkým v podrobných mierkach).

Takto definované elementárne formy sa môžu stať efektívnym základom podrobného komplexného geomorfologického výskumu a mapovania. Každý elementárnej forme možno postupne priradiť množinu atribútov, charakterizujúcich genézu, vek, morfometriu, dynamiku, či litológiu daného elementu, čím sa naplní údajová banka príslušných regionálnych geomorfologických informácií. Výhodou tohoto prístupu je možnosť neustáleho rozširovania údajového vektora, a to nielen z oblasti geomorfológie. Vzhľadom na úzke funkčné väzby medzi zložkami prírodnej krajiny reprezentujú elementárne formy v najpodrobnejšej rozlišovacej úrovni svojim priestorovým rozsahom spravidla zároveň geotopy (najmenšie relatívne homogénne komplexné fyzickogeografické - prírodné jednotky krajiny) a tak možno uvažovať s rozširovaním údajového vektora aj o údaje o ďalších prvkoch krajiny (predovšetkým o pôdach, hydrosfére, ale aj potenciálnej vegetácii).

Elementarizácia priestoru je základným predpokladom následnej syntézy údajov. Podľa zvoleného cieľa možno z takto definovanej údajovej banky generovať nové informácie, spájať elementárne formy do rôzne definovaných priestorových štruktúr a prehlbovať tak poznanie krajinného systému daného regiónu.

Geoinformačné a kartografické aspekty tvorby geomorfologických máp

K tvorbe geomorfologického informačného systému sme pristúpili ako k tvorbe špecializovaného účelového GIS-u, ktorý by mal zabezpečiť spracovanie a kartografickú prezentáciu výsledkov komplexného geomorfologického výskumu. Zavedenie úplnej automatizácie tvorby kartografických výstupov pomocou nástrojov GIS-u vyžaduje dokonalé zvládnutie všetkých prác, ktoré s tým súvisia.

Vo všeobecnosti sú to tieto etapy prác:

1. - detailná špecifikácia štruktúry bázy údajov na základe stanoveného účelu ktorý má daný GIS spĺňať a voľba najvhodnejšieho typu údajového modelu, ktorý by vyhovoval charakteru do neho vkladáných údajov,

2. - voľba technických a programových prostriedkov, ktoré by boli schopné realizovať jednotlivé etapy prác.

3. - vytvorenie mechanizmu spracovania údajov uložených v báze GIS-u na základe detailne špecifikovaných aplikácií spolu s formálnou a obsahovou kontrolou vkladáných údajov,

4. - výber a/alebo kreácia postupov, ktoré by realizovali prezentáciu výsledkov z aplikácií v tvare kartografických modelov.

Dnes je však veľmi ťažké dokonale zvládnuť uvedené etapy prác, najmä ak sa dotýkajú tvorby úzko špecializovaných tematických máp. Každá mapa - či už v analógovej alebo digitálnej forme - je autorské dielo. Proces abstrahovania a generalizácie skutočností závisí od skúseností a schopností každého z autorov a sú procesmi neopakovateľnými - jedinečnými. Z týchto dôvodov je zavádzanie automatizácie do ich tvorby sťažené. Viac sa uplatňuje poloautomatizácia, ktorá umožňuje kontrolu, resp. priame zásahy príslušného odborníka do jednotlivých pracovných etáp.

Prehľad použitých postupov v jednotlivých etapách práce

1. etapa

V tejto prípravnej etape (z hľadiska tvorby GIS) je veľmi dôležitá úzka spolupráca všetkých zainteresovaných pri špecifikácii účelu vytváraného GIS-u. V našom prípade to bola konkrétna spolupráca kartografa, geoinformatika a geomorfológa, ktorí spoločne vytvárali GIS zameraný na tvorbu digitálnych komplexných geomorfologických máp.

Za modelové územie sa zvolil výrez ohraničený rámom mapového listu podľa Kladu základných máp v mierke 1:10 000, čo bola vhodná (ale nie limitná) veľkosť aj z hľadiska použitej výpočtovej techniky.

Z hľadiska štruktúrovania údajov treba rozlišovať štruktúru priestorových a nepriestorových údajov.

Štruktúra priestorových údajov:

V našom prípade priestorovú bázu tvoria:

- primárne vektorové údaje - reprezentované predbežnými hranicami elementárnych foriem georeliéfu (získané manuálnou, objektovo-topologickou, vektorovou digitalizáciou topografickej mapy na základe vizuálnej analýzy) a bodové výškové pole získané z digitalizovaných vrstevníc, ktoré boli taktiež manuálne digitalizované nad rastrovým podkladom - zoskenovanou mapou,

- sekundárne rastrové údaje - reprezentované morfometrickými charakteristikami (získané výpočtom z primárneho bodového poľa), ktoré sa vzťahujú k pixelom rastrovej mapy a k elementárnym formám v rastrovej forme.

Štruktúra nepriestorových údajov:

Tvorba ju charakteristiky - atribúty elementárnych foriem v tvare relačných tabuliek s identifikátorom na priestorový objekt ku ktorému sa údaj vzťahuje.

Použitý relačný údajový typ vo formáte XBase, ktorý overila samotná prax, umožňuje priebežnú modifikáciu údajovej štruktúry. A tej sme sa ani my počas našej práce nevyhli. Súvisí to hlavne s novostou uvedených prác a z toho vyplývajúcou nízkou mierou štandardizácie pracovných postupov. Tá sa môže aplikovať až po overení "prototypu" našich postupov v praktickej prevádzke vytváraného GIS-u.

2. etapa

Manuálny a čiastočne poloautomatický spôsob tvorby digitálnej bázy údajov GIS-u determinoval spolu s inými faktormi (dostupnosť k určitému typu počítačov, periférnych zariadení a pod.) výber vhodných technických a programových produktov.

O potrebe použitia programového prostredia, ktoré by aj počítačovému laikovi umožnilo efektívne využiť prednosti interaktívneho zásahu do tvorby priestorovej údajovej bázy niet pochybností. V súvislosti s tým vzniká možnosť výberu z dvoch variantov.

Prvým variantom je výber takého produktu GIS-u, ktorý je "šitý na mieru". Ide o komplexný GIS, ktorý tvorí komplex technických a programových prostriedkov spolu s presne definovanými postupmi tvorby a spracovania údajových báz s aplikačnou koncovkou v tvare kartografických výstupov. Ak takýto GIS aj z ďalších hľadísk vyhovuje našim požiadavkám, stačí implementovať naše údaje do jeho údajovej bázy a použiť jeho ďalšie nástroje na dosiahnutie nášho cieľa. Žiaľ tieto GIS-y sú finančne nedostupné a úlohy ktoré riešia sa len čiastočne dotýkajú nášho problému. Nie je vylúčené, že aj v oblasti tvorby geomorfologicky orientovaných GIS-ov sa u nás postupne dopracujeme k vytvoreniu takéhoto typu GIS-u s pomocou odborného zázemia, ktorým Slovensko disponuje.

Druhým variantom je výber takého GIS-u, ktorý by poskytoval formálne nástroje s možnosťou ich ďalšieho vývoja v závislosti od potrieb jeho užívateľa. Uvedený typ GIS-u sa javí vzhľadom na svoju dostupnosť (finančnú a prístrojovú) v súčasnosti ako vhodnejší. Orientácia na široké pole užívateľov núti ich tvorcov vyvíjať čoraz jednoduchšie nástroje, ktoré by počítačovo priemerne vzdelanému užívateľovi uľahčili prácu. Začínajú interaktívnou formou digitalizácie a končia možnosťou vytvárať ďalšie nástroje v prostredí jednoduchého programovacieho jazyka. My sme "vsadili" práve na tento typ GIS-u, konkrétne na IDRISI, TOPOL a GRASS.

Jednotlivé produkty boli využité takto:

- TOPOL - pri výberovej digitalizácii primárnych údajov, spresňovaní hraníc elementárnych foriem nad poliami jednotlivých morfometrických parametrov, kontrole a výbere atribútov a tvorbe kartografických výstupov,
- IDRISI resp. GRASS - pri tvorbe a spracovaní sekundárnych-rastrových máp a štatistických zisťovaniach majúcich priestorový charakter,
- dBASE - pri vytváraní relačnej bázy, štatistických zisteníach a ďalšom spracovaní nepriestorových údajov.

Všetky produkty sa prevádzkovali na výkonnejšom osobnom počítači s perifériami, len operácie v GRASS-i sa realizovali na pracovnej stanici stredného radu.

3. etapa

Z hľadiska tvorby mechanizmu spracovania údajov uložených v údajovej báze GIS-u sa nachádzame v štádiu, ktoré umožňuje:

- výber resp. triedenie jednotlivých charakteristík elementárnych foriem na základe

ich atribútov,

- modifikované výpočty sekundárnych zdrojov priestorových údajov (morfometrických parametrov georeliéfu) z primárnych výškových údajov a ich uloženie v tvare rastra,
- verifikáciu základných geometrických charakteristík elementárnych foriem georeliéfu na podklade informácií získaných z primárnych (vektorových) a sekundárnych (rastrových) priestorových a nepriestorových údajov.

Spracovanie priestorových údajov:

V rovine vstupu, uloženia a spracovania priestorových údajov sme využili celú škálu postupov a foriem - od konkrétnej priamej vektorovej digitalizácie, cez digitalizáciu nad rastrovým binárnym obrazom až po tvorbu sekundárnych zdrojov priestorových údajov. Osvedčil sa postup využívať obidve formy priestorových údajov (raster-vektor), ktoré sa navzájom dopĺňajú a striedavo slúžia ako zdroj pre ďalšie etapy prác.

Vďaka objektovo-topologickému postupu pri ukladaní údajov umožnilo sa ich interaktívne dopĺňanie a kontrolovanie. Ako veľmi účinná sa ukázala možnosť priamej opravy vektorových údajov (hraníc areálov geomorfologických elementárnych foriem) pomocou kurzora na obrazovke počítača pri súbežnom zobrazení rastrových a vektorových údajov. Potreba týchto opráv závisí od viacerých skutočností, ktorými sú najmä:

- kvalitatívna úroveň metód a postupov terénneho prieskumu, ktorý je pre tvorbu geomorfologických máp rozhodujúci,

- voľba mierky bázy údajov,
- úroveň polohovej presnosti digitalizovaných údajov.

Spracovanie nepriestorových údajov:

Na ukladanie a spracovanie nepriestorových (atribútových) údajov sme zvolili program dBASE, ktorý vyhovoval našim požiadavkám a ktorý sa u nás široko používa. Jeho formát rozpoznáva väčšina komerčných GIS-ov - alebo priamo tvorí interný formát ich atribútových údajov (TOPOL, ARC/INFO,...). To nám umožnilo súbežnú kontrolu vkladáných (priestorových aj nepriestorových) údajov z hľadiska ich formálnej a obsahovej správnosti (korektnosti). Ďalej sa overovali:

- vnútorná verifikácia vložených údajov (v dBASE),
- súlad apriórnych a vypočítaných morfometrických charakteristík,
- logický súlad morfogenetických, morfometrických a morfordynamických údajov,
- súladu charakteristík intenzity súčasných procesov a morfometrických parametrov elementárnej formy,
- výrazné odchýlky od priemerných hodnôt významných morfometrických parametrov jednotlivých genetických foriem (napr. príliš vysoké hodnoty priemerného sklonu zarovnaných povrchov, kladné priemerné horizontálne krivosti úvalín a pod.),
- väzby niektorých recentných procesov na výskyt určitých genetických foriem (zosuvy, výmole, krasové formy a pod.)

4. etapa

Tvorba postupov kartografickej prezentácie sa nachádza vo svojom počiatkovom štádiu a závisí v značnej miere od používaných technických zariadení. Tu si treba uvedomiť, že kvalitná prezentácia výsledkov je veľmi dôležitým faktorom z hľadiska vývoja celého GIS-u. Problematika kartografickej prezentácie je v súčasnosti taktiež v štádiu neustáleho vývoja. Naš výber sa orientoval na GIS, ktorý bol schopný realizovať naše požiadavky na prezentáciu našich prvých výsledkov. Tie sú tvorené:

- súborom digitálnych geomorfologických máp vo vektorovom tvare,
- súborom digitálnych morfometrických máp v rastrovom tvare,

- súborom verifikovaných komplexných geomorfologických digitálnych máp v kombinovanom tvare vektoru a rastra.

Požiadavka na prevod digitálnych foriem kartografických výstupov na analógové formy je neustále aktuálna. V našich podmienkach sme sa obmedzili na najjednoduchší výstup, a to pomocou bežnej tlačiarne. Nie je však problém prejsť na výstup pomocou kvalitnejších zariadení vzhľadom na univerzálnosť digitálnej formy kartografických modelov.

Záver

V počiatkovej etape tvorby geomorfologického informačného systému (ktorý môže prerásť vo fyzicko-geografický informačný systém) považujeme za najdôležitejšie tieto dosiahnuté a v príspevku prezentované výsledky:

- tvorba zodpovedajúcej flexibilnej údajovej bázy
- postupy syntézy údajov z terénneho výskumu a digitálneho modelu georeliéfu,
- postupy vnútornej verifikácie geomorfologických údajov,
- utváranie účelových máp z jednotlivých vložených údajových vrstiev: morfogenetických (obr. 1), morfochronologických (obr. 2), morfodynamických (obr. 3), morfometrických (obr. 4) a litogeografických (obr. 5),
- tvorbu účelových máp z novogenerovaných údajových vrstiev (mapy prírodných hrozieb - obr. 6, 7).

Našu snahu spojiť tradičné formy geomorfologického výskumu s technológiou GIS-u treba chápať ako prvý krok do tejto oblasti. Snažili sme sa vytvoriť pozície tak, aby sme mohli pokračovať vo vytváraní komplexného postupu tvorby príslušných máp.

V ďalších etapách predpokladáme rozšíriť vstupnú údajovú bázu o ďalšie fyzicko-geografické charakteristiky (pôdy, hydrosféra,...) a o atribúty hraníc elementárnych foriem. Zároveň sa budeme venovať vyšším formám spracovania databázových údajov, ktoré by umožnili zvýšiť úroveň automatizácie a rozšíriť tematiku kartografických výstupov z oblasti environmentálnych limitov a hazardov.

LITERATÚRA

- [1] BARSCH, D., DIKAU, R.: Entwicklung einer Digitalen Geomorphologischen Basiskarte (DGmBK). Geo-informations systeme, Jahr. 2, 1989, Heft 3, s. 12-18
- [2] MINÁR, J.: Niektoré teoreticko-metodologické problémy geomorfológie vo väzbe na tvorbu komplexných geomorfologických máp. Bratislava, Prírodovedecká fakulta UK 1994 (Kandidátska dizertačná práca).
- [3] KUSENDOVÁ, D., MINÁR, J.: Komplexná geomorfologická mapa ako súčasť GIS-U. (Geographia Slovaca - v tlači).

S u m m a r y

Cartographic processing of the results of complex geomorphological research in the context of GIS

The complex geomorphological research in the process of environment's evaluation is still important today. Demands for complex geomorphological information which forms an important base of the most GIS aimed at evaluation of landscape and landscape-ecological analysis and synthesis are increasing constantly.

Actual issue - creation of methodological and methodical procedures which should connect traditional forms and results of geomorphological research (with emphasis on complex geomorphological research) with possibilities provided by present day development of geoinformatics.

Our aim - connect traditional forms of geomorphological research with GIS technology, particularly with aspects and procedures of digital geomorphological maps' creation in context of specialized geomorphological GIS.

Geoinformatic and cartographic aspects of digital geomorphological maps' creation

We create geomorphological GIS in the form of specialized final GIS having solved next stages of its creation:

1. Detail specification of database structure expressed in accordance with the aim that certain GIS has to fulfil and choosing of the most acceptable type of data model, which should conform to data characteristics inputted in it.
2. Choice of hardware and software, which should realize the next stages of work.
3. Formal and content checking of inputted data together with creation of data processing mechanism on the base of specified in details applications.
4. Creation of the procedures which should represent the results of application in the form of cartographic model.

Structure of complex geomorphological informations

All relevant geomorphological information are connected with areas of elementary forms of relief. The first information level of this GIS creates the boundaries of these areas. Next information level describes characteristics of the elementary forms (i.e. genetic, dynamic, chronologic, morphometric, etc.)

Spatial inputted data are presented by object-topological form (by points and polygons). Non-spatial data have a form of relational data model with identical code to spatial object.

Semi-automatic method of GIS creation has determined the choice of definite software and hardware. We have used the next commercial GIS (TOPOL, GRASS, IDRISI) on PC hardware.

Concerning mechanism of processing data stored in GIS database we are now on the stage which allows us:

- to chose or sort single characteristics of elementary forms on the base of their attributes,
- to modify calculations of spatial data' secondary sources (of morphometrical parameters of relief) and their storage in raster form,
- to verify basic geometric characteristics of elementary forms on the base of information gained in primary (vector) and secondary (raster) spatial and non-spatial data.

Created cartographic products consist of:

- set of geomorphological digital maps in vector format,
- set of morphometric digital maps in raster format,
- set of verified complex digital maps in combined vector-raster form.

In future we are planning to use higher forms of data processing, which will increase the level of automation and extend the theme of cartographic outputs in sphere of environmental limits, hazards and so on.

Fig. 1 Morphogenetic map

Fig. 2 Morphochronological map

Fig. 3 Morphodynamic map

Fig. 4 Morphometric map of geometrical elementar forms

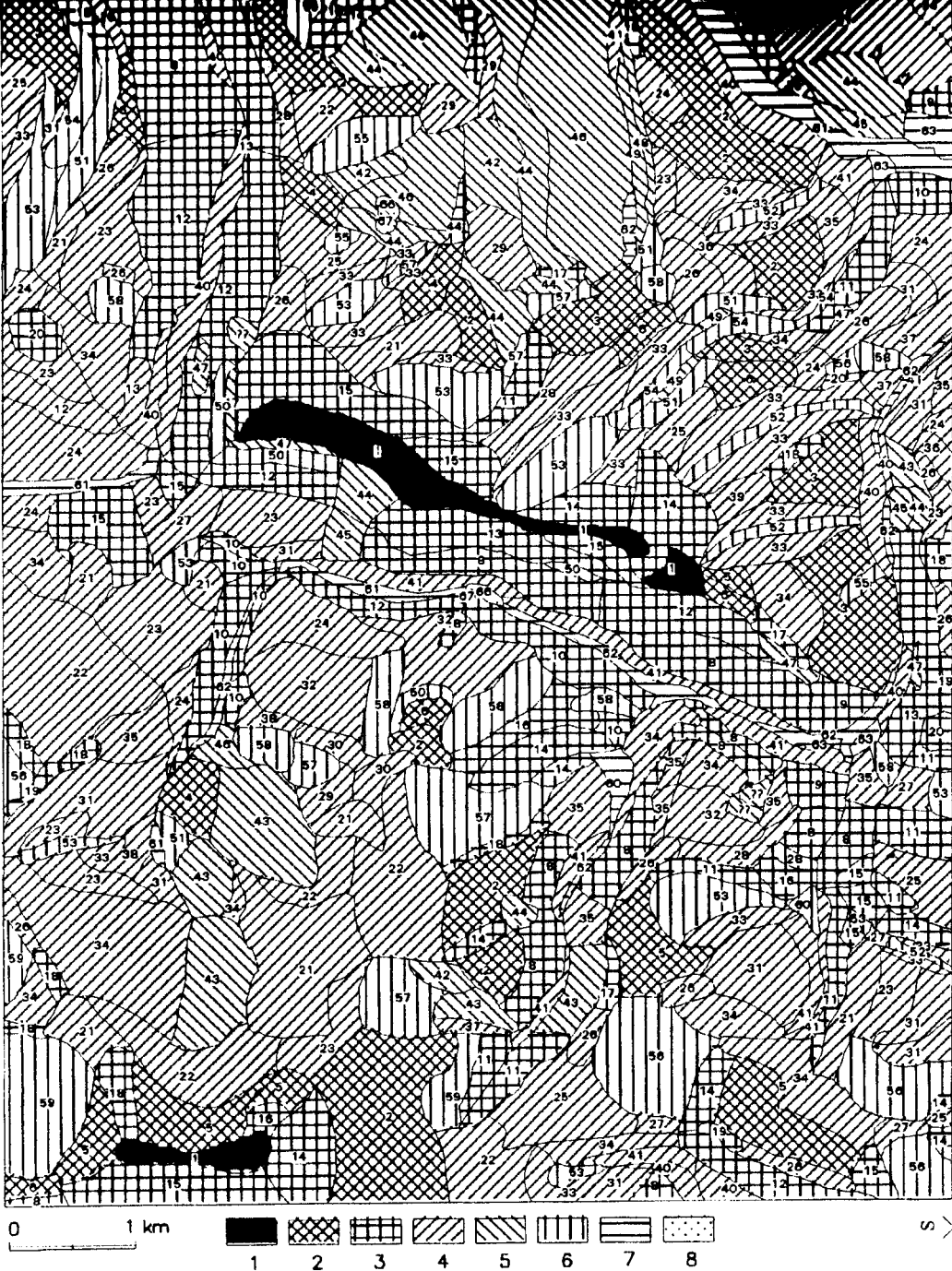
Fig. 5 Lithogeographical map

Fig. 6 Hazard of gully erosion

Fig. 7 Seismic hazard (maximal expectable intensity of earthquake)

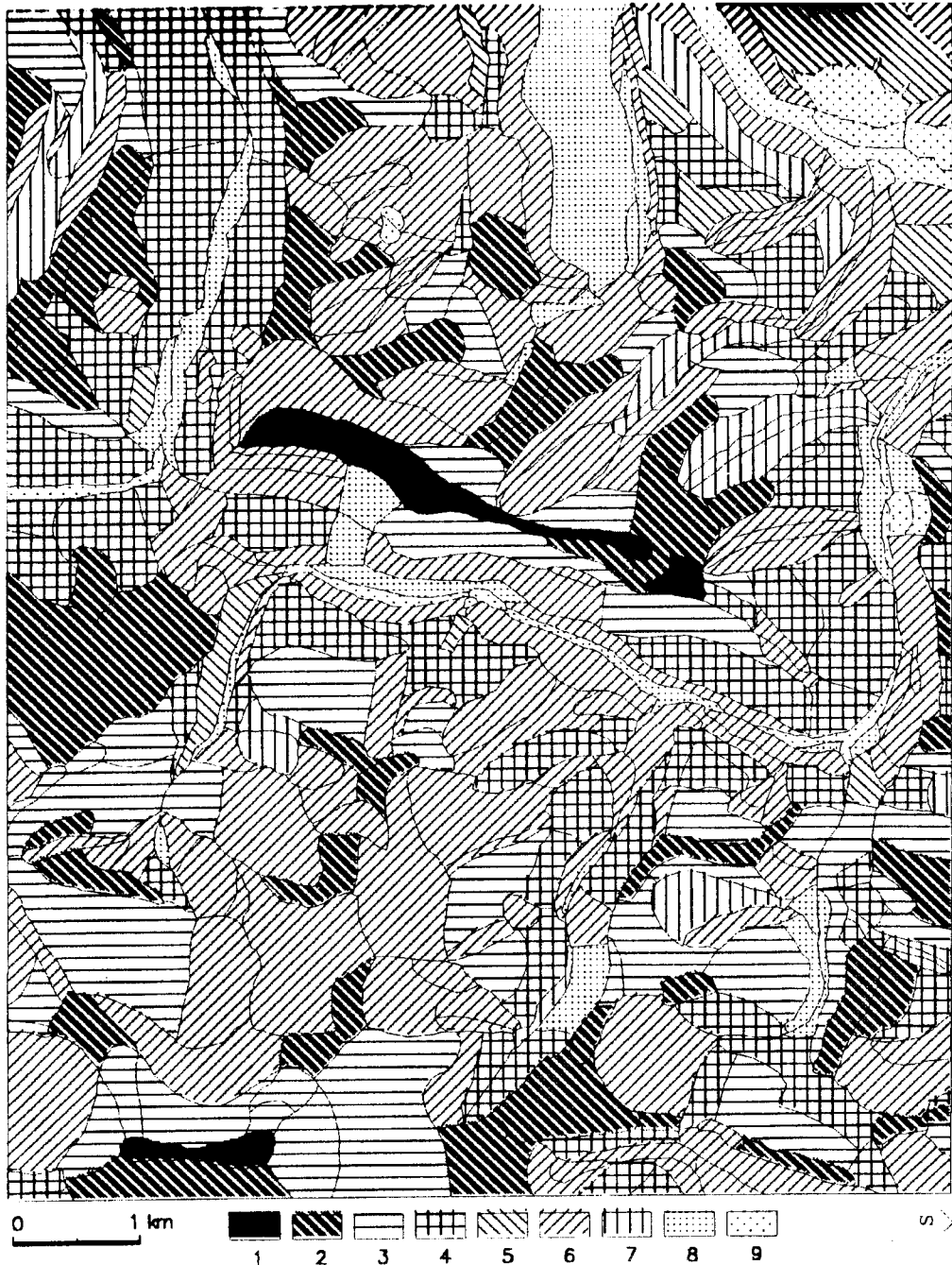
Lektorovali:

**RNDr. Ján Lacika, CSc. a RNDr. Karol Husár,
Geografický ústav SAV,
Bratislava**



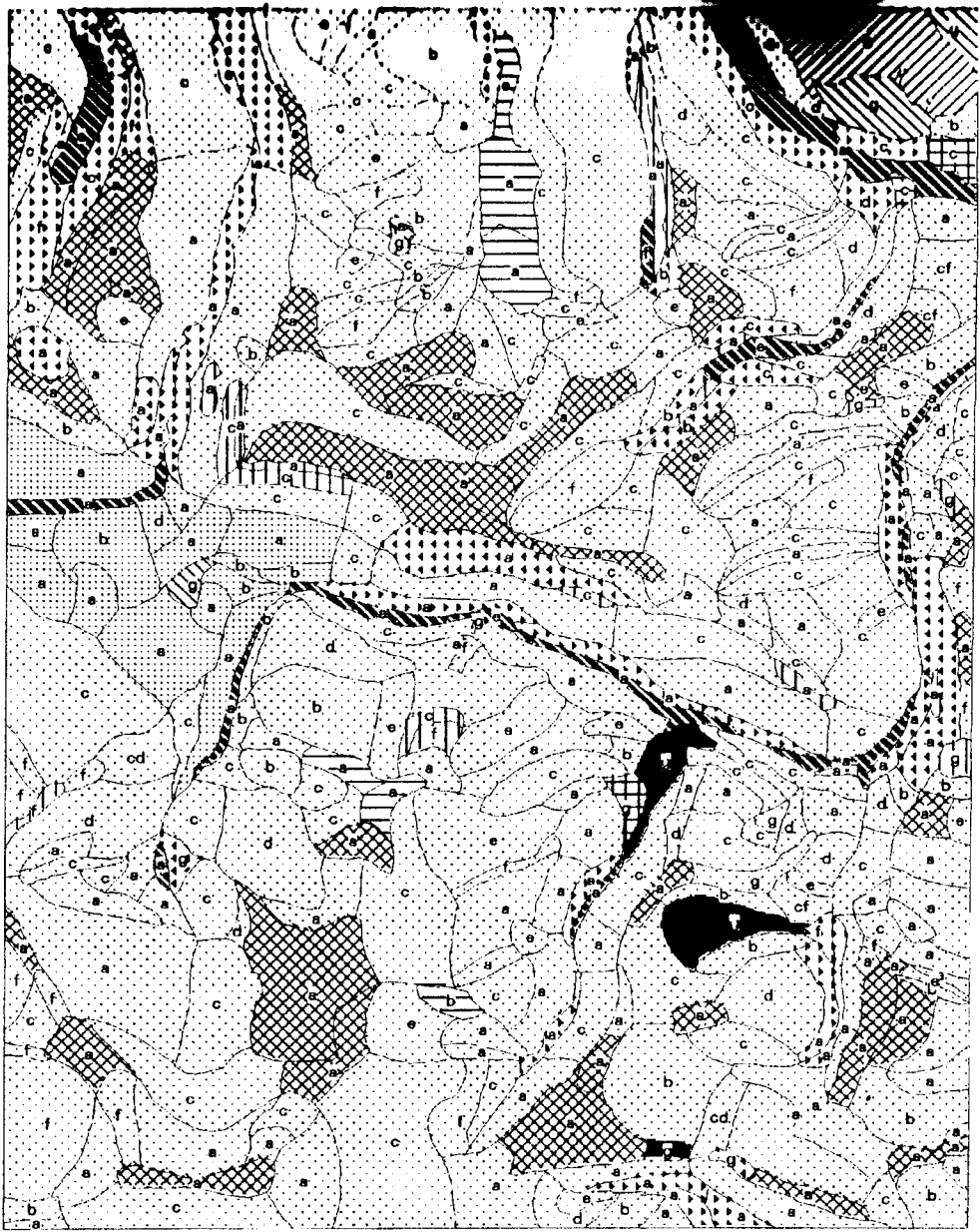
Obr. 1 Morfogenetická mapa

Genetické formy: 1 - vulkanicko-denudačné, 2 - zlomovo-denudačné, 3 - štruktúrne podmienené, 4 - denudačno-akumulačné, 5 - povrchovo-gravitačné, 6 - mrazové, 7 - fluviaľné, 8 - ťažobné.
 Číslo v areáli mapy - varieta genetickej formy



Obr. 2 Morfochronologická mapa

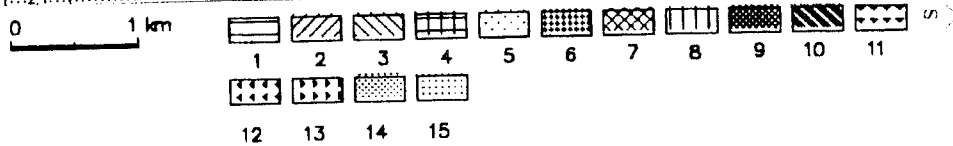
1 - sarmat, 2 - panón, 3 - pont, 4 - pliocén, 5 - ruman až starý pleistocén, 6 - pleistocén (nečlenený), 7 - starší pleistocén, 8 - mladší pleistocén, 9 - holocén



Obr. 3 Morfodynamická mapa

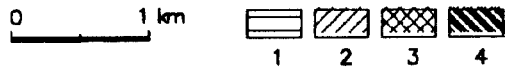
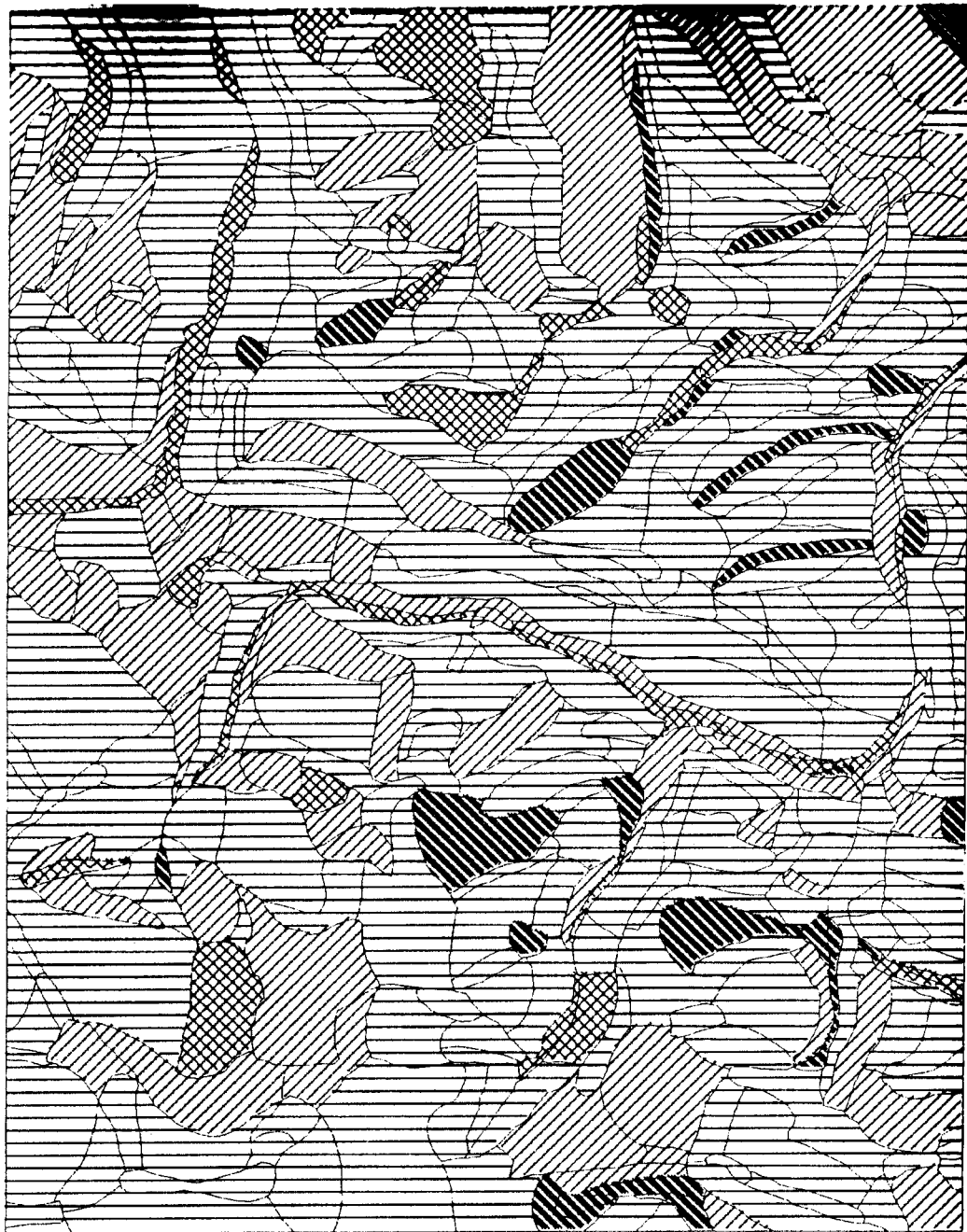
Druh procesu: 1 - zliezanie a drobné zosúvanie, 2 - camberiny, 3 - opadávanie a rútenie, 4 - plošná a stružková erózia, 5 - ronová až výmolová erózia, 6 - fluviaľná erózia a povodňová akumulácia, 7 - urýchlená fluviaľná erózia, 8 - rozpúšťanie a sufózia, 9 - komplexná podsvahová akumulácia, 10 - zošľapávanie a biogénna erózia, 11 - zliezanie a erózia, opadávanie, kĺzanie, 12 - sídelné procesy.

Intenzita v rámci formy: a - rovnomerná, b - stúpa v smere spádnic, c - klesá v smere spádnic, d - premenlivá v smere spádnic, e - stúpa k osi formy, f - klesá k osi formy, g - bez trendu



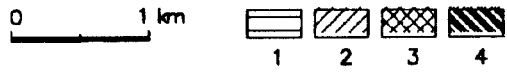
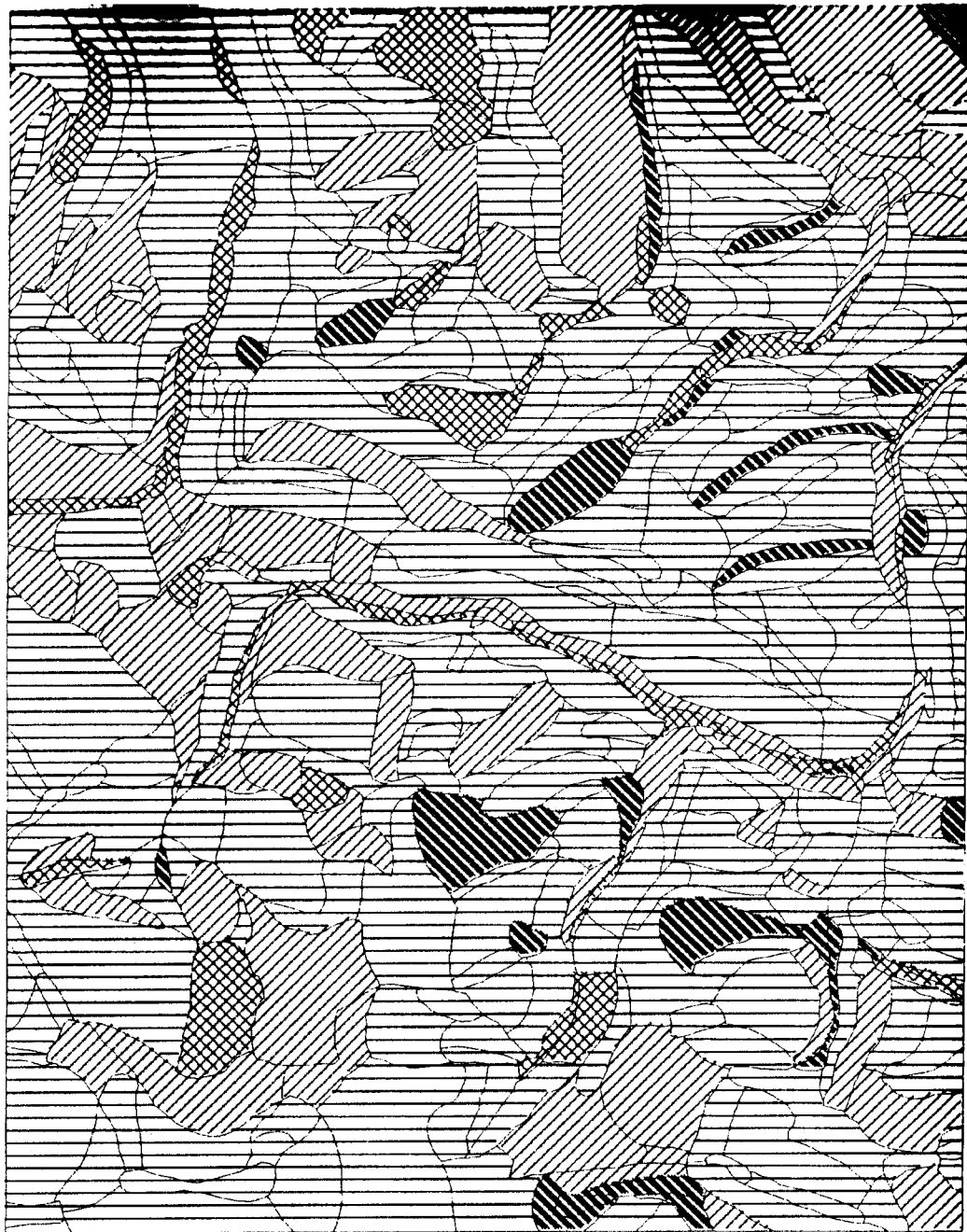
Obr. 4 Morfometrická mapa geometrických elementárnych foriem

Typ genetickej formy: 1 - lineárne-lineárna, 2 - bočne-premenlivá, 3 - bočne-premenlivo-konkávna, 4 - lineárne-konkávna, 5 - konkávno-konkávna, 6 - konkávno-lineárna, 7 - konkávno-konvexná, 8 - bočne-premenlivo-konvexná, 9 - lineárne-konvexná, 10 - konvex-konvexná, 11 - konvex-bočne-premenlivá, 12 - konvex-lineárna, 13 - konvex-konkávna, 14 - konvexkonkáv-konvexkonkávna, 15 - zložené formy. Číslo v areáli mapy - rád geometrickej formy



Obr. 6 Hrozba výmolevej erózie

1 - bez hrozby, 2 - mierna hrozba, 3 - stredná hrozba, 4 - silná hrozba



Obr. 6 Hrozba výmolevej erózie

1 - bez hrozby, 2 - mierna hrozba, 3 - stredná hrozba, 4 - silná hrozba



Obr. 7 Seizmická hrozba (maximálne očakávaná intenzita zemetrasenia)

1 - $MCS < 6$, 2 - $6 \geq MCS < 7$, 3 - $MCS > 7$