

Geografické informačné systémy ako prostriedok na spracovanie environmentálnych informácií

M. Šúri, T. Cebecauer: Geographical Information Systems as a Tool for Processing Environmental Information. Život. Prostr., Vol. 31, No. 4, 190–195, 1997.

The rapid increase of GIS applications in 1990s is the result of exponential development of computer and computer related information technologies (CAD, CAM, computer graphics, remote sensing, networking etc.) as well as general increase in environmental problems awareness in their temporal, spatial and synergic aspects. Generally, three modes of GIS usage are recognised: 1. as a tool for (cartographic) output creation, 2. as a spatial database and 3. as a tool for spatial analyses and modelling. Complex environmental problems solutions often go beyond the scope of individual scientific disciplines and their global aspect is a stimulus for multinational co-laboration. Due to the limits of quantitative methods in processes such as decision making or EIA, these are sometimes substituted by empirical knowledge represented in the form of logical rules integrated in expert (knowledge based) systems. Commercially available desktop GIS software as well as the existence of spatial databases at local to multinational levels are accelerating the broad spectrum of GIS applications in various environmental branches and scales. Still, a substantial amount of conceptual, technical, methodical, financial and organisational problems remains, frustrating the starting phases of a GIS application development. The rapid progress in computer technology – mainly visualisation, animation, multimedia – is bringing new horizons in research as well as in education and communication with public.

Technologický pokrok spôsobil najmä v 90. rokoch exponenciálny nárast využívania počítačov vo všetkých sférach ľudskej spoločnosti. Nevyhnutnosť efektívneho spracovania a prenosu informácií pochádzajúcich z množstva rôznych zdrojov, zvyšujúce sa požiadavky na ich správu, integráciu, syntézu a vyhodnocovanie prispelo zároveň k nárastu všeobecnej počítačovej gramotnosti. V súvislosti s globálnymi problémami si spoločnosť viac ako kedykoľvek predtým uvedomuje časopriestorový, synergický a environmentálny aspekt svojho konania. Pri štúdiu týchto problémov vzrastá aj potreba zjednocovať údaje na základe ich priestorového rozloženia a vzťahov.

Tak ako do iných oblastí, preniká informatizácia aj do environmentálneho výskumu. Rozvoj geografických in-

formačných systémov (GIS) ako podmnožiny informačných technológií podmienil predovšetkým technický pokrok. V oblasti hardvéru a softvéru sme svedkami exponenciálneho nárastu výkonu kvality, s vyšším dôrazom na grafiku a multimédiu, štandardizáciu a používateľskú prívetivosť. Potreba komunikácie a prenosu lokálnych, regionálnych i medzinárodných informácií ovplyvnila rozvoj počítačových sietí na všetkých úrovniach.

Pohľady na GIS

Geografické informačné systémy, ako počítačová technológia na prípravu, spracovanie, analýzu a vizualizáciu polohovo lokalizovaných údajov, majú široké

prieniky s inými technológiami. K najvýznamnejším patrí CAD (počítačom podporované navrhovanie a konštruovanie), CAM (počítačom podporovaná tvorba máp), DPZ (diaľkový prieskum Zeme), počítačová grafika, systémy riadenia báz údajov a štatistické programy. Tieto prieniky sú dôsledkom potreby integrovať poznatky a metódy rôznych vedných odborov (informatiky, geografie, ekológie, kartografie, geodézie, hydrológie, štatistiky a pod.).

Integrácia a previazanosť GIS s inými vednými odborami je na jednej strane motorom vývoja, na druhej strane prináša viacero problémov, ako napr. nejednotné chápanie metodických prístupov a terminológie, absencia výmenných údajových formátov vyššej úrovne a pod. Šírka riešenej problematiky z celého spektra odborov je veľká a ani v súčasnosti neexistuje taký softvér GIS, ktorý by integroval všetky metódy. Komplexnosť environmentálnych problémov okrem toho vyžaduje tímovú prácu špecialistov z rôznych odborov. Vynára sa tu aj potreba hľadania efektívnej komunikácie jednotlivých generácií. V rámci nej je výhodné sklbiť schopnosť mladých ľudí veľmi rýchlo zvládnuť technológiu s teoretickými poznatkami a praktickými skúsenosťami starších kolegov.

V poslednom období sa záujem firiem vyvíjajúcich softvéry GIS presúva z oblasti vývoja metód analýzy a modelovania do skvalitňovania metód vizualizácie, rýchlosti spracovania dopytov databáz, posilnenia multimedialných funkcií, ako aj prepojenia technológie prístupom klient-server na úrovni lokálnych a globálnych sietí. Vyplýva to z toho, že náročné analytické a modelové prístupy (vyžadujúce hlboké know-how) využíva len malý okruh špecialistov, ktorí im rozumejú a často si ich programátorsky prispôbujú podľa svojich potrieb. Nedostatok špecifických analytických metód sa nahrádza otvorenosťou systému a poskytnutím sady základných funkcií, z ktorých sa dajú vytvoriť nové moduly podľa želania používateľa. Na druhej strane sa vytvoril podstatne výraznejší trh používateľov, ktorých potreby sa obmedzujú na jednoduché funkcie GIS. Z praxe vyplýva, že používateľská obec nie je schopná tak rýchlo absorbovať súčasný technologický vývoj.

GIS sa skladá zo štyroch základných komponentov – hardvéru, softvéru, údajov a personálneho zabezpečenia (tzv. livewere – Maguire, 1991). Všeobecne je známy fakt, že najväčšie finančné nároky – čo sa týka prvých troch komponentov – pripadajú na údaje a predstavujú 70–80 %. Okrem toho je dôležité uvedomiť si, že GIS len ako technológia (hardvér a softvér) je bez adekvátneho údajového a personálneho zabezpečenia mŕtvly. V súčasnosti – najmä u nás – predstavuje zabezpečenie kvalitatívne vyškoleného personálu (v technológii GIS i odbornej problematike súčasne) najväčší problém pri zavádzaní a ďalšej prevádzke GIS.

Pre tradičné prístupy spracovania údajov a tvorby (environmentálnych) informácií sú príznačné niektoré nedostatky, napr. nedostatočná presnosť i kvalita, časová náročnosť, nízka efektívnosť. Tu prináša technológia GIS výrazný pokrok. Existuje celý rad úloh, ktoré sa riešili v nedávnej minulosti celé mesiace a roky (napr. výpočet a tvorba máp morfolometrických parametrov reliéfu). Vývoj v metodickej a technickej oblasti umožnil niekoľkonásobne zvýšiť efektívnosť. Na druhej strane komplexnosť environmentálnych problémov a zároveň nízky stupeň formalizácie metodických postupov sa tradične riešia "expertným posúdením", čo však pri spracovaní v GIS prináša mnoho problémov. Reprezentácia komplikovaných javov prírodného a antropogénneho prostredia v najčastejšie používaných údajových formátoch (raster, vektor) nie je vždy postačujúca. Stále sa hľadajú možnosti lepšieho vyjadrenia neurčitosti hraníc, spojitých javov, lepšieho odhadu veľkosti a časopriestorovej diferenciácie chýb, čo sa konkrétne premieňa do tvorby nových metód analýzy, modelovania a vizualizácie.

Spôsoby využívania GIS možno rozdeliť do troch skupín (Maguire, 1991):

- GIS ako nástroj na tvorbu (kartografických) prezentácií,
- GIS ako databáza priestorových údajov,
- GIS ako nástroj na priestorové analýzy a modelovanie.

Tri pohľady na spôsob využívania GIS zároveň diferencujú významnejšie skupiny používateľov. Na jeden GIS sa možno pozeráť zo všetkých troch pohľadov, ktoré môžu byť vo vzájomnom prieniku. Spôsob využívania technológie (aplikácie) GIS po jej zavedení v organizácii spravidla prechádza zákonitým vývojom – od prvotných potrieb inventarizácie a tvorby databáz, cez objavovanie vhodnosti použitia jeho analytických funkcií, až po využitie v riadiacom a rozhodovacom procese.

Environmentálne aplikácie

Na Slovensku, podobne ako aj vo svete, rýchlo sa rozširuje oblasť aplikácie GIS. Veľkú zásluhu na tom majú finančne pomerne ľahko dostupné jednoduchšie tzv. desktop GIS programy (napr. ArcView, MapInfo, Topol), ktoré ponúkajú základy GIS pre širokú verejnosť. Popri tom v súčasnosti už existujú vo svete, ale aj u nás, rozsiahle databázy polohovo lokalizovaných (priestorových) údajov a atribútových databáz z rôznych zdrojov a rôznej kvality. V oblasti zberu primárnych údajov a tvorby databáz dominuje predovšetkým digitalizácia existujúcich topografických a tematických máp, zároveň rastie význam metód DPZ.

Príkladom využívania GIS ako prezentačného ná-

stroja je tvorba tematických máp, napr. na báze prepojenia priestorových údajov administratívneho členenia s atribútovou databázou (sčítanie ľudu, výsledky dotazníkového prieskumu a pod.). Od takéhoto chápania sú nevelmi vzdialené aj aplikácie, ktorých (zatiaľ) jediným cieľom je digitalizovať výsledky vytvorené nedigitálnymi metódami a prezentovať ich formou počítačovej mapy.

Za predpokladu, že sa podarilo vytvoriť komplexnejšiu (rozsiahlejšiu) databázu začínajú sa časom využívať najmä databázové funkcie GIS, ktoré umožňujú efektívnu inventarizáciu, triedenie, rýchly výber údajov podľa definovaných logických alebo polohových kritérií. GIS sa tak čoraz viac využíva najmä v oblasti zberu, správy a aktualizácie polohovo lokalizovaných údajov. Podľa oblasti nasadenia sa tieto aplikácie označujú ako mestské informačné systémy, resp. informačné systémy o území (MIS/LIS), systémy inžinierskych, komunikačných a dopravných sietí (AM/FM). Po čase sa využiteľnosť takýchto aplikácií zvyšuje prepojením na účelovo pripravené programy na riešenie náročnejších úloh

v oblasti správy a riadenia územia, resp. technickej infraštruktúry v území. V environmentálnej oblasti tento spôsob využitia GIS dominuje najmä v územnej správe a v ochrane prírody na rôznych hierarchických úrovniach. Základy budovania informačných systémov o území by mala tvoriť mapová dokumentácia spracovaná v rámci územných plánov, územných systémov ekologickej stability, únosnosti, štúdií hodnotenia vplyvov na životné prostredie (EIA) a pod. Už na tejto úrovni treba riešiť problémy integrácie údajov pochádzajúcich z rôznych zdrojov.

Stále významnejším zdrojom aktuálnych informácií o území sa stávajú údaje diaľkového prieskumu Zeme (letecké i satelitné). Jedným z príkladov operatívneho využitia satelitných údajov je tvorba celoeurópskej databázy krajinej pokrývky (mierka 1:100 000, 3 hierarchické úrovne) v rámci projektu CORINE Land Cover (Feranec a kol., 1996). Potreba budovať jednotné regionálne databázy krajinej pokrývky – ako základnú údajovú vrstvu o území – v mierke 1:50 000 podporila pokračovanie prác na tvorbe legendy 4. úrovne (Fera-

1. Tvorba údajovej vrstvy súčasnej krajinej štruktúry územia Žiarskej kotliny v prostredí GIS s využitím leteckých snímok a topografických máp



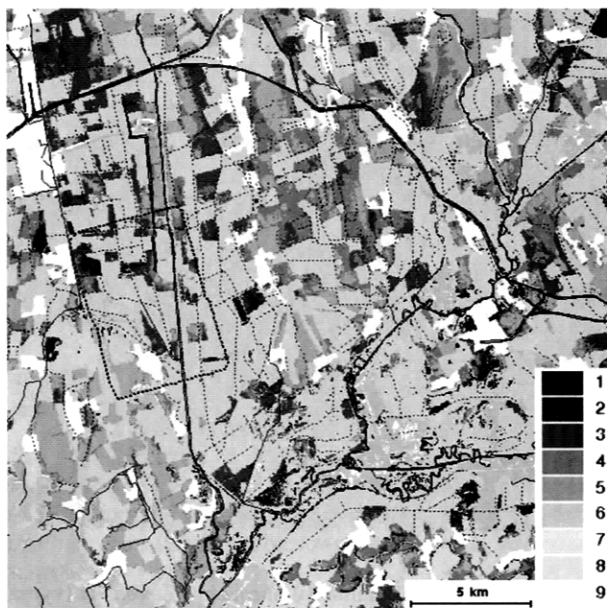
nec, Ofahel, 1995, Šúri, 1997 – obr. na 1. strane obálky). Efektívnosť získavania environmentálnych informácií zo satelitných údajov je nepochybná a jednoznačná pri riešení problémov dotýkajúcich sa rozsiahlejších území, ako napr. zamokrenia poľnohospodárskej pôdy na Východoslovenskej nížine (obr. 2). Pre environmentálne projekty v detailnej mierke (napr. 1:10 000), ako je tvorba dokumentov MÚSES, sú vhodné najmä letecké snímky (obr. 1).

Pohľad na GIS ako nástroj na tvorbu priestorových analýz a modelovanie najviac zdôrazňuje jeho odlišnosť od iných informačných technológií a zároveň je najbližšie potrebám tímov riešiacich environmentálne problémy. GIS sa v tejto rovine štandardne využíva (mal by sa využívať) pri tvorbe nových, resp. aktualizovných starších informácií o území na základe jasne definovanej a formalizovanej metodiky. Spomínané softvérové vybavenie poskytuje používateľovi celý rad štandardných funkcií na priestorové analýzy (nakladanie, mapovú algebru, analýzu blízkosti, dostupnosti, analýzu na sieťach, povrchoch atď.). Vyšší stupeň formalizácie, ako aj existencia dostatočného množstva údajov umožňujú využiť modelovanie ako prostriedok na štúdium procesov v krajine a na tvorbu a hodnotenie variantov riešení pre potreby procesu rozhodovania. Takýto spôsob využívania GIS zatiaľ prevažuje v inštitúciách zaoberajúcich sa základným a aplikovaným výskumom. Vďaka širokým možnostiam využitia si tento prístup čoraz viac osvojujú aj tímy spracúvajúce dokumentáciu o území. Modelovanie časopriestorových zmien erózie a akumulácie v mierke 1:10 000 dokumentuje obr. 4. Na porovnanie – obr. 3 dokumentuje použitie iného metodického prístupu na odhad erózneho rizika pre celé územie Slovenska v mierke 1:500 000 (Šúri a kol., 1997).

Riešenie komplexných environmentálnych problémov vyžaduje kombináciu najmä analytických, modelovacích a štatistických prístupov. Exaktné podporovanie procesu rozhodovania v území alebo hodnotenia vplyvov na životné prostredie nástrojmi GIS je však veľmi náročné na technológiu, metodológiu, vstupné údaje, a predovšetkým na znalosti a skúsenosti z mnohých odborov. Komplikované vzťahy, ktoré vstupujú do procesu riešenia, často možno opísať namiesto matematicky formulovanými algoritmi iba súborom logických pravidiel a kvalitatívnych kritérií, ktoré sa vytvárajú v rámci tzv. expertných systémov.

Problémy s GIS

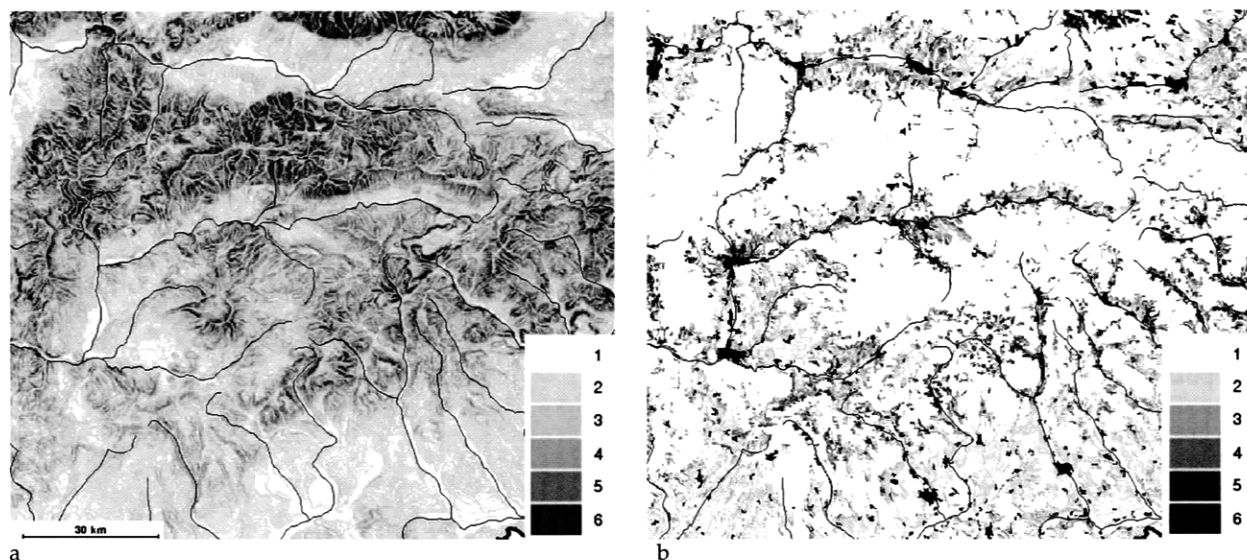
So zavádzaním a využívaním GIS sú spojené viaceré problémy. Niektoré z nich – najmä technického a metodického charakteru – sme už spomenuli a stručne ich



2. Povrchové zamokrenie pôdy južnej časti Východoslovenskej nížiny interpretované z obrazového záznamu Landsat TM (186/26, 30. 4. 1988). Legenda: 1. voda koncentrovaná na povrchu, 2. pôda nasýtená vodou, 3. vlhká pôda, 4. mierne vlhká pôda, 5. suchá pôda, 6. nelesná vegetácia s vodou koncentrovanou na povrchu pôdy, 7. ostatná nelesná vegetácia, 8. les, 9. zastavané územie.

môžeme zhrnúť: neexistencia vyšších štandardov na výmenu údajov, problémy adekvátnej reprezentácie niektorých javov (neostre hranice, spojité polia), vyjadrovanie a manipulácia s presnosťou údajov a nasledujúce problémy zjednocovania údajov z rôznych zdrojov, ako aj implementácia niektorých klasických nedigitálnych metodických postupov. Ďalšiu kategóriu predstavujú legislatívne problémy spojené so získaním a využívaním údajov, predajom a ochranou vytvorených informácií a v neposlednom rade aj finančné a organizačné zabezpečenie projektov, čo v mnohých prípadoch hrá rozhodujúcu úlohu. Tento výpočet nie je ani zďaleka úplný. Technologický vývoj sa vo všeobecnosti vyznačuje výraznou dynamikou a väčšinou sa ním zaoberajú špecializované firmy a výskumné tímy. Na ramenách používateľa ostáva aplikácia vlastných projektov v prostredí GIS.

Pri definovaní aplikácie GIS sa vychádza z komplexnosti riešeného problému, potrieb používateľa, mierky



3. Potenciálne (a) a aktuálne (b) ohrozenie Slovenska (výrez) vodnou eróziou vypočítané použitím modifikovaného modelu USLE. Legenda: 1. žiadne alebo nízke, 2. nízke, 3. stredné, 4. vysoké, 5. veľmi vysoké, 6 a. extrémne vysoké, 6 b. urbanizované a technizované areály.

spracovania (informačnej hustoty a polohovej presnosti údajov), pričom treba uplatňovať hierarchický prístup k riešeniu problémov. Zavádzanie technológie GIS je náročný proces, ktorý by mal zahŕňať nasledujúce kroky (podrobnejšie rozpracované v práci Clarka, 1991): analýzu a zhodnotenie požiadaviek prevádzkovateľa, zhodnotenie viacerých variantov riešenia a napokon vlastnú implementáciu a priebežné hodnotenie dosiahnutých výsledkov. Nevhodná špecifikácia môže končiť neúspechom a pracovníci môžu nadobudnúť pocit nedôvery ku GIS. V mnohých prípadoch zavedenie GIS spôsobí časom zmenu celej organizačnej štruktúry inštitúcie, preto treba k jednotlivým krokom pristupovať veľmi zodpovedne. Jedným z najkrehkejších miest býva osvojenie si novej technológie samotnými pracovníkmi. Po prekonaní počítačových problémov sa vo väčšine prípadov zvýši efektívnosť práce, otvárajú sa nové možnosti a štýl práce.

Perspektívy environmentálne orientovaných GIS

Vývoj technológie, najmä v posledných rokoch, priblížil použitie geografických informačných systémov na dosah masám používateľov. Vďaka sústavnému zdokonaľovaniu a zjednodušovaniu obsluhy, úzkej previazanosti najmä so štandardnými kancelárskymi pro-

gramami a perifériami sa dosiahlo rozsiahlejšie nasadenie GIS aj v environmentálnej oblasti. Komerčná dostupnosť priestorových údajov (najmä máp, leteckých snímok a satelitných údajov) rozširuje možnosti použitia v oblasti výskumu, ako aj praktických aplikácií. Internet zasahuje aj do tejto oblasti a niektoré jednoduchšie aplikácie GIS sa tak jeho prostredníctvom dostávajú k širokej verejnosti. Používateľ nepotrebuje vlastniť GIS softvér, hardvér ani údaje, stačí mu prístup k poskytovateľovi tejto služby. Zložitejšie aplikácie (napr. rozhodovanie v území) môžu pracovníkom, ktorí sa nešpecializujú na GIS, poskytnúť "na mieru šité" expertné systémy.

Využívanie počítačových informačných technológií sa v priebehu posledných dvoch desaťročí stalo štandardom na všetkých úrovniach tvorby, spracovania a správy informácií. Zdá sa, že GIS v rôznych podobách sa stane štandardným pracovným nástrojom aj v oblasti environmentálneho výskumu, spracovania podkladov o území, ochrany a správy územia. Možno očakávať ďalšiu formalizáciu existujúcich konvenčných metód získavania, spracovania a prezentácie priestorových údajov a potom aj ich implementáciu do GIS. Rýchly nástup relatívne nových počítačových technológií (3D grafika, animácia, virtuálna realita, multimédia) prináša nové možnosti nielen v oblasti výskumu a praktických aplikácií, ale aj vo výchove, propagácii a komunikácii s laickou verejnosťou.

Literatúra

- Cebecauer, T., 1997: Soil Waterlogging Mapping Using Landsat TM Data. *Geographical Information – From Research to Application through Cooperation*, IOS Press, Amsterdam, p. 527–544.
- Clarke, A. L., 1991: GIS Specification, Evaluation, and Implementation. In Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D. W., (ed.), 1991: *Geographical Information systems: Principles and Applications*. Longman Scientific & Technical, Essex, p. 477–488.
- Feranec, J., Oťaheľ, J., 1995: CORINE Land Cover Nomenclature at Scale 1:50 000. *Proceedings of the EARSeL Workshop "Pollution Monitoring and Geographic Information Systems"*. Lesprojekt Brandýs nad Labem, p. 171–178.
- Feranec, J., Oťaheľ, J., Pravda, J., 1996: Krajinná pokrývka Slovenska identifikovaná metódou CORINE Land Cover. *Geographia Slovaca*, 11, 1996, 95 pp.
- Hofierka, J., Šúri, M., 1996: Modelling Spatial and Temporal Changes in Soil Water Erosion. *Geograf. Čas.*, 48, 3–4, p. 255–269.
- Maguire, D. J., 1991: An Overview and Definition of GIS. In Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Rhind, D. W., (eds), 1991: *Geographical Information systems: Principles and Applications*. Longman Scientific & Technical, Essex, p. 9–20.
- Šúri, M., Cebecauer, T., Cebecauerová, M., Švecová, E., 1996:

Tvorba mapy súčasnej krajiny štruktúry a možnosti jej využitia pri spracovaní dokumentov MÚSES v oblasti Žiarskej kotliny. *Prírodné prostredie stredného Slovenska – jeho tvorba a ochrana*. Zborník z vedeckej konferencie, Banská Bystrica (v tlači).

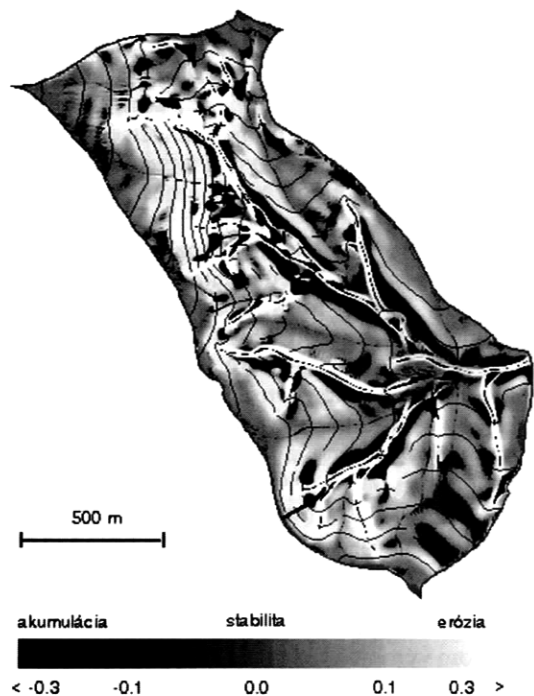
Šúri, M., 1997: Mapovanie krajiny pokrývky 1:50 000 v prostredí GIS s využitím satelitných údajov Landsat a SPOT. *Geodetický a kartografický obzor* (v tlači).

Šúri, M., Cebecauer, T., Feranec, J., Fulajtár, E., 1997: Soil Water Erosion Risk Assessment at Regional Scales Using Integrated Data Analysis. *Twelfth International Conference and Workshop on Applied Geologic Remote Sensing*, Boulder, USA (v tlači).

Článok je spolu s plnofarebnými obrázkami a ďalšími odkazmi na literatúru k dispozícii na Internete, <http://savba.savba.sk/~geogsuri/zp97/envigis.htm>. Niektoré citované práce (články z časopisu *Geoinfo* a články autorov) možno nájsť na <http://savba.savba.sk/~geogsuri>, resp. <http://savba.savba.sk/~geogcebe>.

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia vedeckého projektu č. 4065 **Hydrogeografická regionálna typizácia Slovenska s využitím technológie GIS**, ktorý bol financovaný grantovou agentúrou VEGA.

4. Potenciál reliéfu pre vodnú eróziu a akumuláciu [$\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$] na modelovom území pri obci Kostolné vypočítaný použitím modelu ERDEP



5. Možnosti využitia leteckých snímok v mapovaní

