

Geografické informačné systémy riečnych povodí: krajinnoeologická základňa ich integrovaného manažmentu

Miklós, L.: The Geographical Information Systems of the Watersheds: the Landscape Ecological Basement for their Integrated Management. *Životné prostredie*, 2013, 47, 1, p. 24 – 31.

The applications of geographical information systems (GIS) display still a number of theoretical-methodical, as well as practical problems. The article deals with the problems of unified cartographical basement and its harmonisation with different thematic information layers, with the problems of correct definition of the georeferencing elements, with the geosystem based collection, elaboration and deposition of the information to the GIS. As the methodical example of the geosystem based elaboration the GIS of the watershed of the river Ipeľ is presented, especially the way of the composition of the catalogue of the GIS and the thematic layers of information.

Key words: GIS, geosystem, georeferencing, watershed, Ipeľ River

Napriek širokému uplatneniu geografických informačných systémov (GIS) v súčasnosti ich praktické uplatnenie stále preukazuje množstvo teoreticko-metodických a praktických problémov. Spracovanie GIS povodia Ipľa vyústilo do spracovania digitálnej databázy a konkrétnych tematických informačných vrstiev v elektronickej forme, ale bolo dobrou príležitosťou aj na rozvoj teoreticko-metodických poznatkov o spôsobe praktického zostrojenia GIS. Výsledky možno považovať za príklad spracovania informácií v zmysle Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/2/ES, ktorou sa zriaďuje Infraštruktúra pre priestorové informácie (INSPIRE), ktorá sa premietla do zákona č. 3/2010 Z. z. o národnej infraštruktúre pre priestorové informácie. Zároveň je to aj konkrétny príklad spracovania tzv. *krajinnoeologickej základne integrovaného manažmentu krajiny* podľa § 5 ods. (2) zákona č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami, ako aj možnou pomôckou na vypracovanie všeobecne záväzného predpisu na definovanie podrobného obsahu a rozsahu krajinnoeologickej základne, k čomu § 8 ods. (5) zákona č. 7/2010 Z. z. zaväzuje Ministerstvo životného prostredia SR.

Základné problémy a východiská tvorby užívateľských priestorových informačných systémov

Priestorové informácie využíva človek od ranných dejín. Tomuto pojmu zodpovedajú už aj niektoré jaskynné kresby z doby kamennej, schémy na pergamenoch a papyrusoch v starých civilizáciách, náčrty Indiánov, až po mapy dnešnej doby produkované v elektronickej forme. Informácie viazané na konkrétny priestor povrchu Zeme možno nazvať ako *geografické informácie*. V novoveku sa začali produkovať aj systematicky uspo-

riadané informácie o rôznych javoch na tom istom území, postupným zdokonaľovaním tohto úsilia geografi dospeli až k tvorbe *atlasov*. Atlasy už možno nazvať aj *geografickými informačnými systémami*. Rozsah a obsah tradičných atlasových diel závisel od technických aj materiálnych možností tvorcov, pretože vytvorenie komplikovanejších syntetických informácií, priestorových analýz a interpretácií bolo mimoriadne náročné na čas, aj na technické spracovanie.

Tieto bariéry výrazným spôsobom rúcajú moderné informačné technológie GIS. Tešia sa veľkej obľube vo vede, výučbe, v plánovacej, projekčnej aj riadiacej praxi, ba čoraz viac sa využívajú aj v každodennom živote. Technológie GIS z pohľadu počítačovej techniky, ako aj z pohľadu informatiky preukazujú ohromný rozvoj. Rýchly technický rozvoj GIS však ich potenciálni užívatelia – odborníci z „klasických“ vedných disciplín – nedokážu sledovať v rovnakom tempe, a to v dôsledku nižšej zručnosti v užívaní informačných technológií. Preto technické možnosti, ktoré v súčasnosti poskytujú GIS, zďaleka nie sú naplno využité.

Využitie všetkých možností GIS vyžaduje permanentné a seriózne štúdium jednotlivých programov a technickej stránky systému, čo však môže odvieť pozornosť užívateľa od riešenia podstaty geografického, krajinnoeologického alebo environmentálneho problému. Užívateľ sa sústreďuje na možnosti využívania systému, teší sa z nových technických kúskov, začne sa „hrať“ so systémom. Na druhej strane z pohľadu užívateľov aj v najnovších GIS technológiách a softvéroch existujú mnohé nevyriešené problémy, ktoré sa z pohľadu užívateľa zdajú jednoduchými, ale informatici sa s nimi jednoducho nezaoberajú alebo ich užívateľ nedokáže informatikom vysvetliť.

Zjednodušene možno povedať, že v analytických úlohách, kde prevláda aspekt využitia GIS len pre priestorovú informáciu o jednom jave, prípadne slúži len pre grafickú vizualizáciu, sú problémy menšie. Keď sa však od systému očakáva rozhodujúca podpora pre riešenie komplexných úloh, napr. objasnenie vzťahov v geosystéme, kde výsledok možno dosiahnuť len viacstupňovou syntézou mnohých ukazovateľov, vynorí sa celý rad zásadných otázok. Tieto sú v podstate problémom harmonizácie priestorovo-informačného formátu a definície priestorového priemetu materiálnych objektov, ktoré majú byť subjektom pre GIS.

V ďalšej časti zoberieme niektoré významné teoreticko-metodické problémy aplikácie GIS do reálnych projektov.

Konštrukcia informačného systému: základňa pre priemet priestorových informácií

Mapa je základným nástrojom priestorových informačných systémov na prenos informácií do priestorovej vizualizovanej formy. Každá mapa je sama o sebe priestorovým informačným systémom. Najzákladnejší atribút máp – definícia každého bodu absolútneho priestoru systémom zemepisných súradníc $[\phi, \lambda, h]$ alebo geometrických súradníc $[x, y, z]$, ako aj priemet materiálnych objektov a javov v tomto koordinačnom systéme, zostáva základom aj elektronických GIS.

Správna metodika tvorby, naplnenia a najmä efektívneho využívania GIS musí vychádzať z geosystémovej teórie chápania krajinného priestoru, pričom *geosystém* považujeme za súbor komponentov (prvkov) geografickej sféry a ich vzájomných vzťahov. Tento systém z priestorového, hmotného aj časového hľadiska – preto aj pre potreby *priestorových informačných systémov* – zodpovedá obsahu ďalších pojmov, ako sú napr. *krajina, geokosystém, geografický komplex*, ale tiež pojmov ako sú *životné prostredie, územie, región* a iné, pričom konkrétny materiálny výsek z geografickej sféry samozrejme nevie, akým pojmom je označený. Podstatným aspektom z hľadiska GIS je správna definícia *štruktúry geosystému*, ktorá pozostáva z prvkov, tieto prvky skúmame cez ukazovatele ich vlastností, ktoré majú na každom bode priestoru konkrétne hodnoty. Presné rozlišovanie pojmovej rady *systém – prvok – vlastnosť prvku – ukazovateľ vlastnosti – hodnota ukazovateľa vlastnosti* je pre správne postavenie GIS absolútne nevyhnutné. Kľúčové otázky z tohto pohľadu sú nasledovné:

Jednotná kartografická základňa – matematicko-kartografické zobrazenie priestoru

Za samozrejmy atribút každého dobrého atlasu považujeme, že mapy s rôznym obsahom sú rovnakej mierky, rovnakého geometrického zobrazenia, rovnakej veľkosti a technického prevedenia. Technicky sú tieto otázky

vyriešené. Problematickým sa stáva organizačná otázka zberu a spracovania dát z rôznych sfér, od najrôznejších autorov a zdrojov – aj z minulých období – ktoré sa majú korektne premietnuť na jednotnú kartografickú základňu. Napriek značnému úsiliu kompetentných inštitúcií, najmä Úradu geodézie, kartografie a katastra SR, Geodetického a kartografického ústavu a Topografického ústavu v Banskej Bystrici (Konceptia, 2006) tento dlhoročný problém, vzhľadom na množstvo stále používaných údajov z minulosti, ktoré sú premietnuté na rôznych kartografických podkladoch, pretrváva. Bežne sa používa niekoľko podkladových mapových diel s najrôznejším tematickým obsahom. Pri ich vzájomnom prekrytí potom vznikajú priestorové aj obsahové disproporcie.

Z pohľadu informatikov to nie sú problémy, GIS technológie ponúkajú možnosť „prepočtu“ mapy akéhokoľvek zobrazenia na iné zobrazenie. Je to však stále len prepočet súradníc, *nie topografického a už vôbec nie tematického obsahu mapy*.

Jednotná topografická základňa priestoru – jednotný priemet reliéfu a objektov na ňom

Tento problém je zložitejší, ale znovu nie z informatického hľadiska. Georeliéf – ako nositeľ absolútneho priestoru, definovaný ako nehmotný prvok geosystému, kontinuálne bodové pole, fázové rozhranie medzi rôznymi prvkami geosystému – možno presne modelovať zo všeobecne dostupného digitálneho modelu reliéfu (DRM – súbor hodnôt súradníc bodov zemského povrchu ϕ, λ, h v pravidelnej sieti). Priemet tohto modelu tvorí topografickú základňu systému. Počítač môže vygenerovať aj všetky morfometrické ukazovatele reliéfu. Spoločný priemet tohto presného priemetu absolútneho priestoru s ostatnými materiálnymi prvkami geosystému do presnej polohy na reliéfe, aby tento odrážal skutočnosť a aby nevykazoval nemožné a nelogické kombinácie, je však *stále výrazným a nedoriešeným problémom*.

Základné topografické prvky máp – teda tie, ktoré sa postupne zaraďujú do katalógu objektov tzv. ZB GIS (základná báza údajov pre GIS; kol., 2008), sa z toho istého územia na rôznych mapách objavujú často v rôznych polohách a s rôznou plochou. Napriek výraznému posunu v zosúladovaní ZB GIS s katalógom objektov CPD VISÚ (Centrálnej priestorovej databázy Vojenského informačného systému o území), tieto problémy stále nie sú úplne doriešené (kol., 2008). Vyššie uvedený problémový okruh má upravovať aj Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/2/ES o INSPIRE, ktorú musí implementovať každý členský štát. K realizácii tejto smernice, ktorá považuje *integritu a interoperabilitu* geografických informačných systémov za kľúčovú úlohu, je však ešte potrebné veľa práce, úsilia, porozumenia, vôle, času a finančných prostriedkov.

Nejednotnosť v priemete základných objektov je už sama osebe rušivým aspektom, pretože objekty podľa

ZB GIS sú jednak prvkami prvotnej štruktúry krajiny – výškopis, vodstvo, ako aj druhotnej štruktúry krajiny – všetky objekty a využitie krajiny. Počítače a GIS technológie samozrejme neobjavujú vecné chyby, ktoré spočívajú v priestorových posunoch objektov na rôznych tematických mapách, preto výsledkom počítačom generovaných priestorových syntéz sú často logické chyby, chaotické kombinácie, ktoré môžu viesť k chybným interpretáciám a záverom. Zrejme nie sú neznáme situácie, keď vodný tok zakreslený na jednej mape po prekrytí druhou mapou tečie nie po údolnici, ale na svahu, že tá istá cesta po preložení dvoch máp vytvára pletenec a nie jednu líniu, keď sa na nive objavia rendziny, jazero sa objaví na viacstupňovom sklone, na vápencoch sa objavia kyslé kambizeme atď.

V súčasnosti k harmonizácii topografických prvkov máp výrazne prispievajú ortofotomapy a georeferencované satelitné snímky, ktoré sa dajú spracovávať elektronicky. Obsah tematických máp sa však nedá „prepočítať“. Ak chceme skúmať vzájomné vzťahy prvkov v geosystéme, priestorové vzťahy krajiny štruktúry, zjednotenie topografického základu a priestorového priemetu ostatných objektov je absolútne nevyhnutné tematické mapy vniesť do systému korektne. K tomu je nevyhnutný odborný prístup pri priemete každej jednej tematickej vrstvy, čo vyžaduje poznanie vzťahov prvkov geosystému s topografickou situáciou, ako aj vzájomných vzťahov prvkov geosystémov medzi sebou. To je vlastne postup tvorby napr. krajinnoekologických komplexov, ako priestorových jednotiek topického aj chorického charakteru so syntetizovaným obsahom. Pritom je potrebné vylúčiť absurdné kombinácie, ktoré vznikajú mechanickým prekladaním nerevidovaných máp. Zdôrazňujeme, že zmyslom tohto postupu nie je len mechanické premietnutie informácií do akýchkoľvek homogénnych plôšok, ktorých obsah môže byť v úplnom rozpore s reálnou situáciou, ale *priestorovo-funkčná syntéza analytických informácií*. Každá chyba tohto postupu vedie k závažným logickým chybám. Samozrejme, tematické mapy jednotlivo možno používať v prostredí GIS aj jednoduchým naskenovaním, len ako obrazy. Pri takejto analytickej práci sa chyby ani nemusia objaviť.

Pri riešení týchto problémov vychádzame napr. z viac ako 40-ročných skúseností Ústavu krajiny ekológie SAV a ďalších odborníkov činných v okruhu krajinnoekologického plánovania LANDEP. Na účely týchto projektov spracovaných metodikou LANDEP sa vytvárali priestorové informačné systémy, „ručne“ vyrobené GIS-y, ktoré syntetizovali vlastné výsledky s výsledkami z rôznych iných zdrojov. Najväčší rozsah takéhoto systému zaznamenal projekt *Ekologická optimalizácia využitia Východoslovenskej nížiny* (Miklós, Kozová, Ružička a kol., 1986). V tomto projekte sa na 8 mapových listov v mierke 1 : 25 000, spracovaných ako jednotný topografický základ vo forme rematrick, s celkovým rozmerom okolo 3 x 3 m, premietlo viac ako 50 tematických vrstiev ana-

lytického, syntetického a interpretačného charakteru (Miklós, Kozová, Ružička a kol., 1986). V konečnej fáze tohto projektu sme už aplikovali aj počítačové spracovanie, pričom jeho význam bol metodický: testovať, čo môže a čo nemôže vyriešiť počítač v krajinnoekologických prácach (Miklós, Miklisová, Reháková, 1986). Napriek úžasnému rozvoju GIS technológií od tých čias až po dnešok väčšina metodických poznatkov o možnostiach a obmedzeniach využívania GIS zostáva stále platných. Z novších prác – už v rozhodujúcej miere využívajúcich GIS technológie – možno spomenúť 2 atlasové diela z dielne Ústavu krajiny ekológie SAV, a to Atlas krajiny Slovenskej republiky z roku 2002 a Atlas reprezentatívnych geosystémov Slovenska z roku 2006, ako aj Geografický informačný systém povodia Ipľa: *Katalóg GIS a výber máp z roku 2011*.

Spôsob priemetu a zobrazenia informácií, alternácia raster – vektor

V nadpise uvedené aspekty sú technického, informatívneho charakteru. Odborná úloha pre tvorcu a budúceho užívateľa tematického obsahu spočíva vo výbere správneho priemetu a zobrazenia, teda či tematický obsah bude spracovaný vo forme diskretného poľa – rastra alebo vo vektorovej forme. Od toho potom závisí možnosť vzájomnej kombinácie a hodnotenia tematického obsahu, možnosti zmeny rastrového zobrazenia na vektorové a naopak. Aj v tomto prípade veľmi významnú úlohu hrajú skúsenosti, vrátane skúseností s prácou s „ručnými“ GIS.

Obsah systému

Georeferenčné prvky

Z hľadiska využívania, naplňovania a aktualizácie – teda z hľadiska prevádzkovania GIS má správna definícia a výber georeferenčných prvkov kľúčový význam. Georeferenčné prvky považujeme za geometrický rámec, na ktorý sa premietajú konkrétne vlastnosti, ukazovatele vlastností a hodnoty ukazovateľov vlastností prvkov geosystémov. Georeferenčné prvky možno rozdeliť do dvoch skupín:

a) Georeferenčné prvky pre určenie priestoru a polohy – prvotná definícia priestoru

Sú to *body zemského povrchu* definované zemepisnými súradnicami ϕ , λ , h alebo geometrickými súradnicami x , y , z , spravidla na priesečníkoch pravidelnej štvorcovej geometrickej siete s vopred určenou dĺžkou strán štvorcov (napr. 10 x 10 m). Je to vlastne digitálny model terénu DMT, ktorý je základom pre výpočet a zobrazovanie všetkých morfometrických ukazovateľov, ako aj odvodených ukazovateľov, napr. rôznych *izočiar*, ktoré sa týkajú zemského povrchu. Tieto ukazovatele sú základom pre množstvo ďalších krajinnoekologických interpretácií.

b) Georeferenčné prvky pre priemet ukazovateľov vlastností ostatných prvkov geosystému


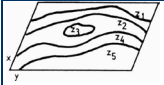
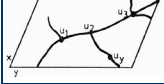

Súradnicovými systémami je určený aj *areál* a *poloha* akéhokoľvek iného prvku geosystému. Množstvo ukazovateľov vlastností prvkov a ich hodnoty premietame priamo na tieto areály (nie na prvotnú súradnicovú sieť), preto ich považujeme za georeferenčné prvky druhotného charakteru. Samozrejme, tieto informácie môžeme premietiť aj na súradnicovú sieť. Je to vhodné najmä v tých prípadoch, keď sa daná informácia v priestore rýchlo mení, nemá stály areál, napr. tlakové útvary ovzdušia, oblasti znečistenia ovzdušia a pod. Areály sú vhodné najmä ako georeferenčné prvky pre priestorovo stabilizované ukazovatele. Množstvo geografických a krajinnoekologických metodík sa viaže na prácu s areálmi, na priestorové jednotky s analytickým alebo komplexným obsahom, napr. celý problémový okruh zaberajúci sa topickými a chorickými jednotkami.

Najčastejšie používané druhotné georeferenčné prvky vo vedeckých disciplínach sú:

- prvok *rastra*: sú to prvky diskretného geometrického poľa, najčastejšie štvorce – „*pixle*“. Čím sú prvky rastra menšie, tým sa považuje systém, ako aj výsledné zobrazenia za kvalitnejšie. Súbor prvkov rastra s rovnakými hodnotami vlastností ktoréhokoľvek prvku geosystému vytvára súvislý homogénny areál, čo poskytuje široké možnosti pre prácu s areálmi, pre tvorbu a interpretáciu komplexných priestorových jednotiek.
- prvky vo forme *vektora* – *bod*, *lína* (úsek), *polygón*: vo forme týchto georeferenčných prvkov sa premietajú tradičné topografické prvky, napr. ako ich uvádza *Základná báza pre GIS* (kol., 2008). Tieto sú nositeľmi obrovského množstva informácií aj z najrôznejších iných databáz, napr. zo štatistických databáz, z rôznych informačných systémov o území a ďalších. Aj komplexné priestorové jednotky topického a chorického charakteru (abiokomplexy, krajinnoekologické komplexy, mikropovodia a ďalšie) sa premietajú do GIS vo forme polygónov. Ukazovatele, ktoré sa viažu na body, sú vhodné aj na druhotnú tvorbu izočiari, napr. údaje z meteorologických staníc.

Súhrnne možno konštatovať, že:

- správne definované georeferenčné prvky tvoria priestorový rámec, ktorý umožňuje prakticky neohraničené dopĺňanie a aktualizáciu dát, ich vzájomné porovnávanie a hodnotenie v súčasnosti aj v budúcnosti bez toho, že by sme menili vlastnú *priestorovú základňu* systému.
- keď sme georeferenčný prvok správne nevybrali, môže sa stať, že dátový rad viazaný na tento prvok je odsúdený na jednorazové použitie, pre inú skupinu dát budeme musieť vytvoriť nový súbor georeferenčných prvkov. Systém preplnený priestorovými informáciami bez jednotného systému georeferenč-

Zobrazenie georeferenčného prvku	Názov	Najčastejšie aplikované ukazovatele
	Súradnicová sieť Pixel x, y, z ϕ, λ, h	DMT Morfometrické ukazovatele Plocha
	Izočiary	Vrstevnice (nadmorská výška) Meteorologické ukazovatele (ako druhotné ukazovatele) Hladina podzemnej vody (ako druhotný ukazovateľ)
	Bod Úsek	Meracie stanice, malé objekty ID body (napr. sídiel) Úseky riek a ciest
	Polygón Referenčné body polygónov	Priestorové jednotky: areály prvkov geosystémov Prvky využitia zeme Objekty ZB GIS Komplexy

Obr. 1. Časté aplikácie georeferenčných prvkov

Vysvetlivky: DMT – digitálny model terénu, ID – identifikačný bod sídiel, ZB GIS – základná báza údajov pre geografický informačný systém

ného rámca nezabezpečuje možnosť logickej kombinácie a postupnej aktualizácie dát.

Jednoduchý príklad: Ak za referenčný prvok vyberieme bod lokality meteorologickej stanice, k tomuto prvku môžeme dlhodobo viazať nové a nové údaje, bez ohľadu na to, či v súčasnosti disponujeme vôbec akýmikoľvek údajmi. Z nich môžeme generovať izočiary najrôznejšieho charakteru a tieto kedykoľvek meniť. Ak však do systému vnesieme priamo izočiary nejakej situácie v akoľvek dobrom rozlíšení, pri jej zmene musíme znovu digitalizovať a vnášať nové izočiary. Najčastejšiu aplikáciu georeferenčných prvkov predstavujeme na obr. 1.

Ukazovatele vlastností prvkov geosystémov

Georeferenčné prvky sú nositeľmi informácií o ukazovateľoch vlastností prvkov geosystémov. Na konkrétny georeferenčný prvok je možné viazať veľké množstvo ukazovateľov. Preto je výber vhodných ukazovateľov a ich správne priradenie ku georeferenčnému prvku kľúčovým momentom zostrojenia informačného systému. Je to predpoklad na to, aby sa v budúcnosti do systému mohli zaradiť aj tie hodnoty ukazovateľov, ktoré v súčasnosti v systéme z rôznych príčin nie sú.

Z metodického hľadiska je mimoriadne dôležité stanoviť, nakoľko je ukazovateľ pôvodným, *analytickým* (napr. meraným) alebo odvodeným – *interpretovaným* z iných ukazovateľov.

Dobry informačný systém je naplnený najmä analytickými ukazovateľmi, ktoré umožňujú akékoľvek ďalšie interpretácie priamo nástrojmi GIS. Opačne to však nemusí platiť. *Jednoduchý príklad:* ak do informačného systému vnesieme priamo interpretované ukazovatele, napr. obrábateľnosť alebo erodovateľnosť pôdy, z ich konečnej hodnoty nevieme odvodiť, aká je zrnitosť, hĺbka, sklon, množstvo zrážok. Ak však systém obsahuje tieto analytické ukazovatele, z nich obrábateľnosť a erodovateľnosť vieme odvodiť, ako aj *množstvo ďalších*. Podobne je to aj pri „*módnych*“ ukazovateľoch, ako je ekologická stabilita, únosnosť, zraniteľnosť, významnosť. Ak ich vnesieme

do systému ako výsledné hodnoty, z nich nie je možné odvodiť napr. druh rastlinného spoločenstva a jeho druhové zloženie. Opačný smer hodnotenia je však možný. Samozrejme, v konkrétnych prípadoch sa objavuje množstvo kompromisov.

Tieto tézy nie sú nové, v krajinnej ekológii a vo vedách o Zemi pretrvávajú stála snaha o rozlíšenie príčin a následkov. Už v spomínanej metodike LANDEP sa tento metodický prístup prejavil v jednoznačnom vyčlenení krokov *analýzy – syntézy – interpretácie – evaluácie – propozície*, ktoré boli dôležité aj preto, lebo metodika vlastne fungovala na báze GIS, aj keď bez moderných informačných technológií. Tento prístup nadobúda na vážnosti aj pri riešení environmentálnych problémov, kde rozlíšenie príčin a následkov má kľúčový význam (Verrasztó, 1979). Správnosť uvedeného radu metodických krokov potvrdzuje množstvo projektov riešených podľa metodiky LANDEP, ale aj aplikácia súčasnej GIS technológie na krajinnoekologické projekty.

Výber ukazovateľov pri tvorbe informačného systému závisí prvotne od cieľa, na ktorý má byť využívaný. Hlavným cieľom je, aby sa vybudovaný systém dal využiť na najrôznejšie účely – na vedu a vzdelávanie; plánovanie a projektovanie; rozhodovacie sféry a verejnú správu; informovanie verejnosti, sféry služieb a pod. To možno dosiahnuť naplnením systému čo najväčším množstvom správne usporiadaných informácií a s dobrými užívateľskými modulmi.

Zber a uchovávanie dát – informačný systém monitoringu

Ako monitoring sa v oblasti vedy označuje *sústavné sledovanie*, vyhodnocovanie, meranie, pozorovanie a analýzy stavu istého objektu alebo javu. Cieľom je získavanie časového radu údajov o tom istom jave alebo objekte, podľa ktorého následne odvodzujeme procesy, vzťahy, zákonitosti. Rôzne prvky geosystémov požadujú veľmi rozmanité chápanie „sústavnosti“, porovnajme napr. monitoring geologický, monitoring využitia krajiny alebo monitoring počasia. Prvky geosystémov možno teda sledovať:

- nepretržite, kontinuálne;
- stále, ale nie nepretržite, teda periodicky v pravidelných dlhších-kratších časových úsekoch;
- opakovane, v rôznych nepravidelných časových obdobiach, podľa potreby.

Monitoring je aj módnym výrazom, v mnohých prípadoch je vhodnejšie použiť pojmy ako opakovaný alebo obnovený výskum namiesto monitoringu.

Kardinálnou otázkou je zavedenie monitorovaných dát do informačného systému. Základná téza je, že ani monitoring, ani informačný systém nezachytáva skutočné procesy, vzťahy alebo zákonitosti, ale *momentálne stavy* v rôznych časových obdobiach, z ktorých možno tieto odvodiť.

Prvotnou podmienkou vhodného využitia a interpretácie monitorovaných dát je dobrý *informačný systém monitoringu*, menovite:

- správne definovaný systém georeferenčných prvkov,

na ktoré sa monitorované dáta vzťahujú;

- naplnenie systému prvotnými ukazovateľmi vlastností prvkov geosystému.

Ďalším predpokladom je, aby monitorované dáta o rôznych javoch a objektoch boli zachytené na tom istom mieste a podľa možnosti v tom istom alebo blízkom časovom momente. Tieto činnosti majú už charakter monitoringu, teda:

- sústavný zber informácií a ich uchovávanie na georeferenčných prvkoch;
- aktualizácia dát, vytváranie časových radov dát;
- interpretácia a hodnotenie dát;
- distribúcia a používanie informácií.

Predpokladom pre využívanie informácií z akéhokoľvek monitoringu je dobre fungujúci informačný systém, v ktorom môžeme dáta správne uchovávať, aktualizovať, interpretovať a hodnotiť. Vyššie uvedené teoreticko-metodické aspekty GIS sme aplikovali na modelovom území povodia Ipl'a.

Priestorový informačný systém povodia Ipl'a

Priestorový informačný systém povodia Ipl'a bol postavený na základe nasledovných téz:

- jednotné matematické zobrazenie mapového podkladu *UTM Zone 34N*;
- priestorovou priemetovou bázou je digitálny model terénu DMT;
- rámcom každej tematickej vrstvy je jednotná topografická báza, mapy sú spracované v jednotnom formáte *ESRI filegeodatabase*;
- nositeľmi priestorových informácií je starostlivo zostavený systém georeferenčných prvkov, a to:
 - raster – pre morfometrické ukazovatele reliéfu;
 - bod – hydrologické a meteorologické stanice;
 - úsek – úseky riek a ciest;
 - polygón – ukazovatele ostatných prvkov geosystému, ktoré sú zobrazené vo forme areálov, teda abiotické, biotické a socioekonomické prvky geosystémov, vrátane prvkov využitia krajiny a objektov ZB GIS.

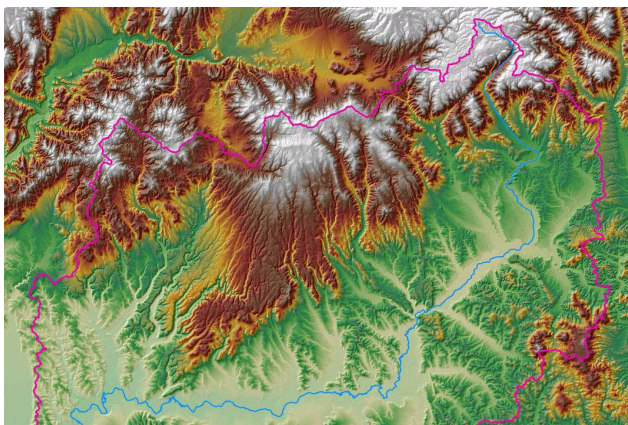
Tento systém georeferenčných prvkov a ukazovateľov umožňuje aktualizáciu hodnôt, ako aj doplnenie nových ukazovateľov do systému aj v budúcnosti. Obsahom systému je účelovo vybraný súbor ukazovateľov a ich hodnôt, ktoré charakterizujú prvotnú štruktúru (abiotický komplex), druhotnú štruktúru (biotický komplex a využitie krajiny), ako aj terciárnu štruktúru krajiny (socioekonomický komplex), vrátane štatistických ukazovateľov, ktoré sa viažu na obce a katastrálne územia. Schematický náčrt obsahu GIS povodia Ipl'a je na obr. 3.

Východiská pre zostrojenie Katalógu informačného systému povodia Ipl'a (tab. 1)

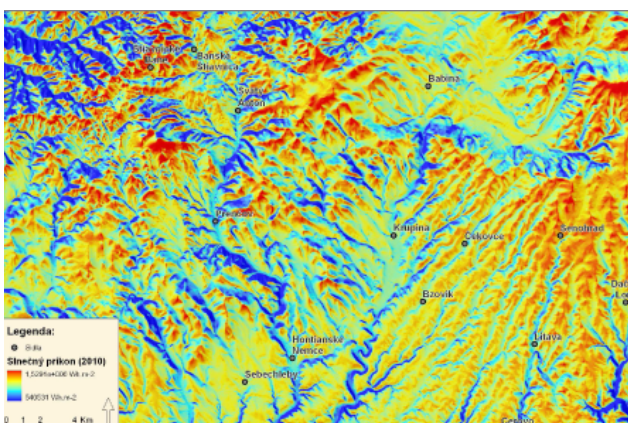
Kľúčovým prvkom používania informačných systémov je jednoduchý spôsob používania. Nástrojom na pre-

Tab. 1. Prehľadný zoznam informačných vrstiev na úrovni komponent a tematická vrstva pre povodie Ipľa

Komponent	Typ	Číslo vrstvy	Tematická vrstva	
Reliéf	raster	1	hillshade – Tieňovaný reliéf (mapa 10)	
	raster	2	heights – Digitálny model reliéfu (mapa 02)	
	raster	3	heights_smt – Digitálny model reliéfu (zhladený)	
	raster	4	slope – Sklon svahu (mapa 01)	
	raster	5	aspect – Orientácia reliéfu voči svetovým stranám (mapa 03)	
	raster	6	curv_profile – Normálová krivosť (mapa 04)	
	raster	7	curv_plan – Horizontálna krivosť (mapa 05)	
	raster	8	flowlength – Dĺžka svahu (mapa 12)	
	raster	9	flowacc_d8 – Prispievajúca plocha (D8) (mapa 11)	
	raster	10	flowacc_dinf – Prispievajúca plocha (D-nekonečno)	
	raster	11	radiation – Slnčný prikon (mapa 13)	
	raster	12	radiation_dur – Doba oslnenia (mapa 14)	
		línia	13	CA010_Sk – Vrstevnica (mapa 01) (sú vo vrstve KEK_Sk)
		bod	14	CA030_Sk – Výšková kóta (mapa 01) (sú vo vrstve KEK_Sk)
Geologický podklad	polygón	15	PG001_Sk – Areál geologickej jednotky (sú vo vrstve KEK_Sk)	
Pôda	polygón	16	PP001_Sk – Areál pôdnej jednotky (sú vo vrstve KEK_Sk)	
Voda	polygón	17	PW001_Sk – Podrobné povodie (mapa 02)	
	polygón	18	PW002_Sk – Základné povodie (mapa 02)	
	polygón	19	PW003_Sk – Čiastkové povodie (mapa 02)	
	polygón	20	PW004_Sk – Hlavné povodie (mapa 02)	
	línia	21	PW005_Sk – Rozvodnica (mapa 02)	
	línia	22	RW001d_Sk – Vodný tok (mapa 02)	
	línia	23	RW001_Sk – Liniový segment vodného toku (mapa 02)	
	polygón	24	RW002_Sk – Vodná plocha (mapa 02)	
	polygón	25	SA010_Sk – Plocha vodného toku (mapa 02)	
	bod	26	RM002_Sk – Hydrologická stanica (mapa 06)	
		bod	27	RM004_Sk – Meteorologická stanica (mapa 06)
	Klíma	polygón	28	PO002_Sk – Klimaticko-geografická oblasť (mapa 06)
	Rastlinstvo	polygón	29	fytoeogCLEN_Sk – Fytogeograficko-vegetačné členenie (mapa 26)
		polygón	30	potveget_Sk – Potenciálna vegetácia (mapa 15)
		bod	31	botlNVDR_Sk – Rozšírenie vybraných invázných druhov rastlín (mapa 34)
	Živočíšstvo	polygón	32	zoogeogTER_Sk – Zoogeografické členenie – terestrický biocyklus (mapa 36)
		polygón	33	zoogeogLIM_Sk – Zoogeografické členenie – limnický biocyklus (mapa 33)
bod		34	zooCIC_Sk – Rozšírenie vybraných druhov cicavcov (mapa 34)	
bod		35	zooCICvydra_Sk – Rozšírenie druhu vydry riečnej (Lutra Lutra, Linnaeus, 1758) (mapa 33)	
bod		36	zooVTAKY_Sk – Rozšírenie vybraných vtáčích druhov (mapa 36)	
bod		37	zooPLAZY_Sk – Rozšírenie vybraných druhov plazov (mapa 36)	
bod		38	zooOBOJZIV_Sk – Rozšírenie vybraných druhov obojživelníkov (mapa 36)	
bod		39	zooCHROBAC_Sk – Rozšírenie vybraných chrobačích druhov (mapa 35)	
bod		40	zooVAZKY_Sk – Rozšírenie druhov vážok (mapa 36)	
Súčasná krajinná pokrývka		polygón	41	RL001_Sk – Prvky krajinnéj pokrývky (mapa 08)
Krajinnoekologický komplex	polygón	42	KEK_Sk – Krajinnoekologický komplex (mapa 07)	
Socioekonomické javy				
Ochrana prírody a pamiatok	polygón	43	TK001_Sk – Veľkoplošné chránené územie (mapa 09)	
	polygón	44	TK002_Sk – Maloplošné chránené územie (mapa 09)	
	polygón	45	TK004_Sk – Chránené vtáče územie (mapa 09)	
	polygón	46	TK005_Sk – Územie európskeho významu (mapa 09)	
	polygón	47	TK007_Sk – Ramsarská lokalita (mapa 09)	
	polygón	48	USES_Sk – Územný systém ekologickej stability (mapa 09)	
	bod	49	naucCHOD_Sk – Náučný chodník (mapa 09)	
	polygón	50	lesyUCEL_Sk – Účelový les (mapa 24)	
	bod	51	pamiatky_Sk – Kultúrna pamiatka (mapa 09)	
	Ochrana prírodných zdrojov	polygón	52	najkvalP_Sk – Najkvalitnejšie pôdy (I. – IV. bonita) (mapa 20)
	polygón	53	TW001_Sk – Chránená vodohospodárska oblasť (mapa 17)	
bod	54	RW004_Sk – Vodný zdroj (mapa 25)		
polygón	55	TW003_Sk – Ochranné pásmo vodárenského zdroja (mapa 09,22)		
polygón	56	TW004_Sk – Povodie vodárenského toku (mapa 09, 23)		
bod	57	minvody_Sk – Zdroj minerálnej vody (mapa 27)		
Infraštruktúra	polygón	58	cestyOP_Sk – Ochranné pásmo ciest (mapa 10)	
	polygón	59	zelezniceOP_Sk – Ochranné pásmo železníc (mapa 10)	
	polygón	60	elektrovodyOP_Sk – Ochranné pásmo elektrovodov (mapa 10)	
	polygón	61	produktovodyOP_Sk – Ochranné pásmo produktovodov (mapa 10)	
Environment	bod	62	zdrojeZO_Sk – Zdroje znečistenia ovzdušia (mapa 43)	
	polygón	63	znečistO_Sk – Znečistené ovzdušie (mapa 28)	
	línia	64	znečistVT_Sk – Znečistené vodné toky (mapa 29)	
	polygón	65	kontamPZV_Sk – Kontaminované podzemné vody (stupeň kontaminácie Cd > 2) (mapa 18)	
	polygón	66	kontamP_Sk – Kontaminované pôdy (mapa 19)	
	polygón	67	poskVEGET_Sk – Poškodená vegetácia (mapa 31)	
	bod	68	envirozataze_Sk – Environmentálna záťaž (mapa 16)	
	polygón	69	envirozatazeOP_Sk – Ochranné pásmo environmentálnej záťaže (mapa 21)	
	línia	70	intenzitaDOP_Sk – Intenzita dopravy (mapa 32)	
	Územné jednotky	polygón	71	TU001_Sk – Hranica katastrálneho územia a obce (mapa 30)
bod		72	COV_Sk – Čistiareň odpadových vôd (mapa 37)	
bod		73	kanalizacia_Sk – Kanalizácia (mapa 38)	
bod		74	skladky_Sk – Skládka (mapa 40)	
bod		75	vodovody_Sk – Vodovod (mapa 42)	
polygón		76	mikroregiony_Sk – Hranica mikroregiónu (mapa 39)	
polygón		77	působnostORG_Sk – Hranica územnej pôsobnosti Štátnej ochrany prírody SR (mapa 41)	



Obr. 2. Hranice povodia Ipľa a plastický obraz jeho hypsografickej charakteristiky – príklad rastrového zobrazenia analytickej informácie



Obr. 3. S snežný príkon za rok 2010 – príklad interpretovanej informácie (raster)

hľad o informačnom systéme môže byť katalóg, ktorý má umožniť rýchly a jednoduchý prístup k jeho prehľadnému obsahu. Pre povodie Ipľa bol vypracovaný elektronický graficko-textový elaborát (Miklós, Ivanič, Kočický, 2011), a to v rámci projektu HUSK 0801/2.1.2/0162 *Vytvorenie jednotného monitoringu na báze priestorového informačného systému v povodí Ipľa*.

Obsah a hierarchiu informačného systému predstavuje vlastne katalóg informačných vrstiev (spracovaných do tabuľky): *komponent – typ – číslo vrstvy – tematická vrstva – číslo atribútu – atribút/ukazovateľ – rozmer/opis – hodnota atribútu, príp. charakteristika*. Katalóg je zostavený podľa logiky geosystémového prístupu ku krajine, a to:

(1) Hierarchické úrovne majú nasledovnú postupnosť:

- prvok geosystému (úroveň komponent);
- vlastnosť prvku geosystému (úroveň tematická vrstva);
- ukazovateľ vlastnosti prvku geosystému (úroveň atribút/ukazovateľ);
- hodnoty ukazovateľa vlastnosti prvku geosystému (úroveň hodnoty atribútu).

Najzákladnejšie charakteristiky jednotlivých hierar-

chických úrovní sú:

- (a) *Komponent* (zložka krajiny) – v geosystémovom chápaní sú to základné *prvky geosystémov*, ktoré sú hmotnou podstatou systému. Cieľom informačných systémov je ich čo najpodrobnejšia charakteristika.
- (b) *Tematická vrstva* – ku každej tematickej vrstve sa viažu elektronicky spracované tematické mapy s príslušnou databázou. Tematické vrstvy z geosystémového hľadiska predstavujú nositeľov vlastností prvkov geosystémov. Osobitne treba spomenúť tematickú vrstvu *KEK_Sk – kajinnoekologický komplex*, v ktorej každý areál je nositeľom niekoľkých ukazovateľov abiotických vlastností krajiny, ako aj súčasného využitia krajiny. Tieto vlastnosti sú navzájom zosúladené podľa reálnych vzťahov v geosystémoch, preto sú veľmi vhodné na využitie v aplikačnej sfére. Ku každej tematickej vrstve je uvedený *typ georeferenčného prvku*, ktorý môže byť:
 - polygónom, líniou (úsekom, segmentom) alebo bodom – to sú všetko vektorové vyjadrenia;
 - rastrom.
- (c) Okrem toho je, kvôli prehľadnosti, uvedené aj poradové číslo vrstvy. Celkovo GIS povodia Ipľa obsahuje 77 tematických vrstiev. Pri každej tematickej vrstve je uvedené aj príslušné číslo mapy, na ktorej je tematická vrstva znázornená.
- (d) *Atribút/ukazovateľ* – ku každej tematickej vrstve sa viaže minimálne jeden, ale zvyčajne viac ukazovateľov vlastností prvkov geosystémov, v informačnom systéme označovaný aj ako atribút. Špecifické postavenie v tejto hierarchii majú morfometrické ukazovatele reliéfu, kde každý ukazovateľ je prezentovaný ako osobitná tematická vrstva. Kvôli prehľadnosti sa uvádza aj poradové číslo atribútu.
- (e) Každý atribút je charakterizovaný *rozmerom*, čo v danom systéme znamená typ údajov, v akom sa jeho hodnoty poskytujú (text – názov, kód, dátum, reálne číslo, pomerné číslo, bezrozmerné číslo – poradie).
- (f) *Hodnoty atribútu* – je to najpodrobnejšia úroveň systému. Uvádza listinu hodnôt každého ukazovateľa, ktorý sa vyskytuje na modelovom území.

Katalóg je postavený hierarchicky v elektronickej forme. Prehľad o obsahu jednotlivých hierarchických úrovní je možné získať ľahko a rýchlo postupným „rozbalovaním“ príslušnej zložky na podrobnejšie úrovne.

(2) *Vecne sú komponenty zoradené nasledovne:*

- (a) *Reliéf* ako nehmotný prvok krajiny.
- (b) *Prvky prvotnej štruktúry krajiny*: abiotické zložky, a to geologický podklad, pôda, voda a ovzdušie.
- (c) *Prvky druhotnej štruktúry krajiny*: rastlinstvo, živočíšstvo, súčasná krajinná pokrývka/využitie zeme.
- (d) *Krajinnoekologický komplex*, ako syntéza prvkov prvotnej štruktúry krajiny a najčastejšie len krajinné pokrývky.

- (e) Prvky terciárnej krajinskej štruktúry, a to:
- socioekonomické javy reprezentuje – ochrana prírody, ochrana pamiatok, ochrana prírodných zdrojov, javy súvisiace s infraštruktúrou v krajine a pod.;
 - ukazovatele kvality životného prostredia;
 - ukazovatele viažuce sa na územné jednotky (katastrálne územia, obce, vyššie územné jednotky) – výmery, obyvateľstvo, infraštruktúra, environment a pod.

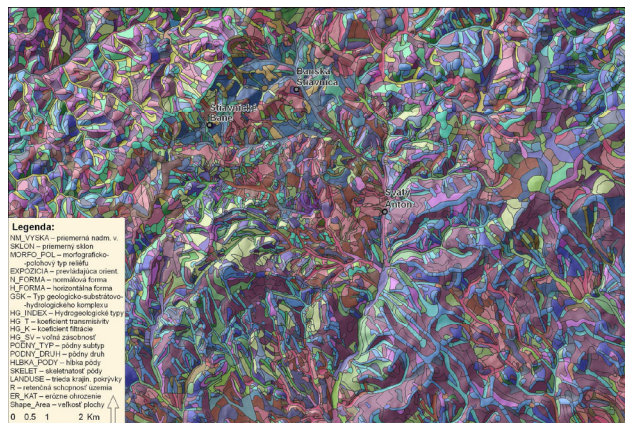
Komponent *Súčasná krajinná pokrývka* vyjadrený v tematickej vrstve *RL001_Sk – areál krajinskej pokrývky* v troch atribútoch je pre svoju rozsiahlosť spracovaný v osobitnej katalogizačnej tabuľke. Tieto atribúty sú usporiadané v 3 hierarchických úrovniach, a to do 14 skupín je zaradených 32 prvkov s 96 detailmi. Okrem toho je ešte na každý detailný prvok systému dostupná aj podrobnejšia charakteristika prvku v databáze, ku ktorej sa možno dostať kliknutím informačnou ikonkou na daný objekt. Takisto, pre rozsiahlosť ukazovateľov databázy tematickej vrstvy *TU001_Sk – katastrálne územie* – spolu 191 ukazovateľov v 14 skupinách o demografických, sociálnych a iných informáciách, nie sú katalogizované priamo, ale cez zoznam obcí.

Obsah Katalógu informačného systému povodia Iplá

Na získanie prehľadu o GIS povodia Iplá uvádzame prvé 2 úrovne katalógu (tab.1). Kompletný katalóg obsahuje všetky hierarchické úrovne (Miklós, Ivanič, Kočický, 2011). Konkrétne mapy sú naviazané na úroveň *tematické vrstvy*. Názov a označenie tematických vrstiev v katalógu je totožné s názvami a označeniami máp. Katalóg je v systéme prepojený na mapy, po vyhľadani želanej mapy v katalógu ju možno otvoriť v GIS kliknutím na príslušný názov mapy (tab. 1). Ako príklady mapového spracovania prikladáme:

- hranica povodia Iplá a jeho hypsografická charakteristika – príklad rastrového zobrazenia s analytickou informáciou (obr. 2.);
- slnečný príkon za rok 2010 – príklad rastrového zobrazenia s interpretovanou informáciou (prepočty na základe orientácie a sklonu reliéfu) – výrez (obr. 3.);
- krajinnokoekologické komplexy – príklad polygónového zobrazenia so syntetickou informáciou. Každý polygón je nositeľom hodnôt 19 ukazovateľov vlastností prvkov prvotnej a druhotnej štruktúry krajiny – výrez (obr. 4.)

Napriek tomu, že predkladanú prácu považujeme za dobrý príklad aplikácie metodických poznatkov o GIS na reálne územie, zostáva množstvo otázok nezodpovedaných. Aby takéto systémy plnili skutočne úlohu informačnej základne pre integrovaný manažment krajiny, je potrebné vyriešiť predovšetkým organizačné otázky, zabezpečiť medziodvetvovú spoluprácu a ochotu rôznych inštitúcií spolupracovať na integrácii odvetvových infor-



Obr. 4. Krajinnokoekologické komplexy – príklad syntetickej informácie (polygóny)

Vysvetlivky: Krajinnokoekologický komplex je zložený z 19 tematických vrstiev: priemerná nadmorská výška, priemerný sklon, morfograficko-polohový typ reliéfu, prevládajúca orientácia voči svetovým stranám, normálna forma krivosti, horizontálna forma krivosti, typ geologicko-substrátovo-hydrologického komplexu, hydrologický typ, koeficient transmisivity, koeficient filtrácie, vodná zásobnosť pre vodu, pôdny substrát, pôdny druh, hĺbka pôdy, skeletnosť pôdy, trieda krajinskej pokrývky, retenčná schopnosť územia, erózne ohrozenie, veľkosť plochy.

mačných systémov.

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA č. 1/1138/12 Vlastnosti a funkcie geosystémov ako krajinnokoekologická základňa pre integrovaný manažment krajiny.

Literatúra

- Kol.: Katalóg tried objektov ZB GIS. Bratislava: Úrad geodézie, kartografie a katastra SR, Banská Bystrica: Topografický ústav Armády SR, 2008, 229 s.
- Koncepcia tvorby, aktualizácie a správy ZB GIS na roky 2006 – 2010. Bratislava: Úrad geodézie, kartografie a katastra SR, 2006, 13 s.
- Miklós, L., Ivanič, B., Kočický, D.: Digitálna databáza a tematické mapové vrstvy. In: Miklós, L., Ivanič, B., Kočický, D.: Krajinnokoekologická základňa integrovaného manažmentu povodia Iplá. Banská Štiavnica: Esprit, elektronický zdroj CD-ROM, 2011, 155 s.
- Miklós, L., Kozová, M., Ružička, M. a kol.: Ekologický plán využívania Východoslovenskej nížiny v mierke 1 : 25 000. 3. diel. In: Ekologická optimalizácia využívania Východoslovenskej nížiny. Bratislava: ÚEBE SAV, 1986, s. 5 – 312.
- Miklós, L., Miklisová, D., Reháková, Z.: Systematisation and Automation of Decision-Making Process in LANDEP Method. Ekológia (ČSSR), 1986, 5, 2, p. 203 – 232.
- Verrasztó, Z.: Land Formation and the Geological Aspects of Environmental Protection. In: Symposium Changes of the Geological Environment under the Influence of Man's Activity. Krakow-Sandomierz-Belchatow-Plock-Warszawa: IAEG National Group, 1979, p. 135 – 141.

Dr. h. c. prof. RNDr. László Miklós, DrSc., miklos@tuzvo.sk
Katedra UNESCO pre ekologické vedomie a trvalo udržateľný rozvoj
Fakulty ekológie a environmentalistiky
Technickej univerzity vo Zvolene, T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen