

Róbert PAZÚR, Ján OŤAHEL, Pavol HURBÁNEK

## ANALÝZA ŠTRUKTÚRY KRAJINNEJ POKRÝVKY NA PRÍKLADE VYBRANÝCH TYPOV PRÍRODNEJ KRAJINY

**Pazúr, R., Oťahel, J., Hurbánek, P.: Analysis of land cover structure: example on selected natural landscape types.** Kartografické listy 2010, 18, 2 figs., 2 tabs., 19 refs.

**Abstract:** The main purpose of this study is the investigation of landscape spatial structure properties through the analysis of 50 m spatial resolution CORINE land cover dataset using several class level landscape metrics at different spatial resolutions. Four different study areas were used to represent four different types of natural landscapes. To investigate the response of landscape structure to changing resolution, raster land cover dataset in initial 50 meters resolution on all study areas was systematically aggregated by majority rule up to 1000 meters. Results of our analysis shows that in case of scale dependencies only few metrics describing geometrical and topological structures have significantly predictable behaviour. Fact that landscape structure at coarser resolution strongly depends on spatial composition and configuration of the landscape at the finer resolutions, which was validated here, underline the further necessity of scale dependence investigation in landscape structure analysis.

**Keywords:** land cover, scale dependence, natural landscape, landscape metrics

### Úvod

Štruktúrne vlastnosti predstavujú atribút, ktorý je výsledkom vplyvu viacerých procesov, zvlášť v takom rôznorodom systéme, akým je krajina. S rôznorodosťou krajiny súvisí rôzny výskumný predmet, preferencia poznávania prvkov, vlastností a vzťahov, „stavebných znakov“ hierarchizovaného systému krajiny. Výstižným indikátorom štruktúry krajiny je krajinná pokrývka, integrujúca prírodné a socioekonomické procesy. Pri jej analýze sú rozhodujúce kritériá, definujúce vlastnosti prvkov a vzťahov v zmysle ich kvantitatívnych a kvalitatívnych rozmerov. Kvantitatívna analýza preferovaných štruktúrnych znakov (prvkov) je efektívna, ak je vzťahovaná k ďalším štruktúrnym znakom, ktoré podmieňujú rôznorodosť systému. Takým je napríklad dominantná vlastnosť prírodnej krajiny, predovšetkým georeliéfu. V hierarchizovanom systéme krajiny môžeme štruktúrne jednotky prírodnej krajiny nadradit' a skúmať usporiadanie (kompozíciu a konfiguráciu) na hierarchicky nižších, ale z hľadiska krajinej štruktúry preferovaných a reprezentatívnejších jednotkách krajinej pokrývky diferencovaných hlavne socioekonomickými procesmi. V uvedenom kontexte je nevyhnutná analýza jednotiek (prvkov) krajinej pokrývky z hľadiska dimenzie (znakov) priestorovosti a mierky. Najmä mierka pozorovania, závislosť na jej zmene môže rozhodujúco vplývať na silu väzieb medzi jednotlivými krajinnými prvkami. Pri zmene mierky totiž dochádza k nad/podhodnoteniu, dokonca úplnému odstráneniu niektorých prvkov, čo v dôsledku ich agregácie alebo degregácie môže rozhodujúco vplývať na výsledky výskumu. Na tieto dôsledky už v minulosti poukázali Openshaw a Taylor (1981) v súvislosti s problémom modifikovateľnosti územných jednotiek (Modifiable Areal Unit Problem), kde poukázali na fakt, že výsledky priestorovej analýzy vo veľkej miere závisia od použitej agregáčnej metódy a systému rozdelenia územia na jednotlivé jednotky. Agregácia pritom patrí k často používaným metódam synchronizácie dátových vrstiev najmä rastrového charakteru. Vhodnú metódu poznania vplyvov agregácie na štruktúrne vlastnosti krajiny predstavuje analýza kvalitatívnych vlastností krajinných prvkov na rôznych

Mgr. Robert PAZÚR, Prof. RNDr. Ján OŤAHEL, CSc., Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, e-mail: geogpazu@savba.sk, otahel@savba.sk

Mgr. Pavol HURBÁNEK, PhD., Southampton University, University Road, Southampton SO17 1BJ, United Kingdom, e-mail: pavolhurbanek@gmail.com

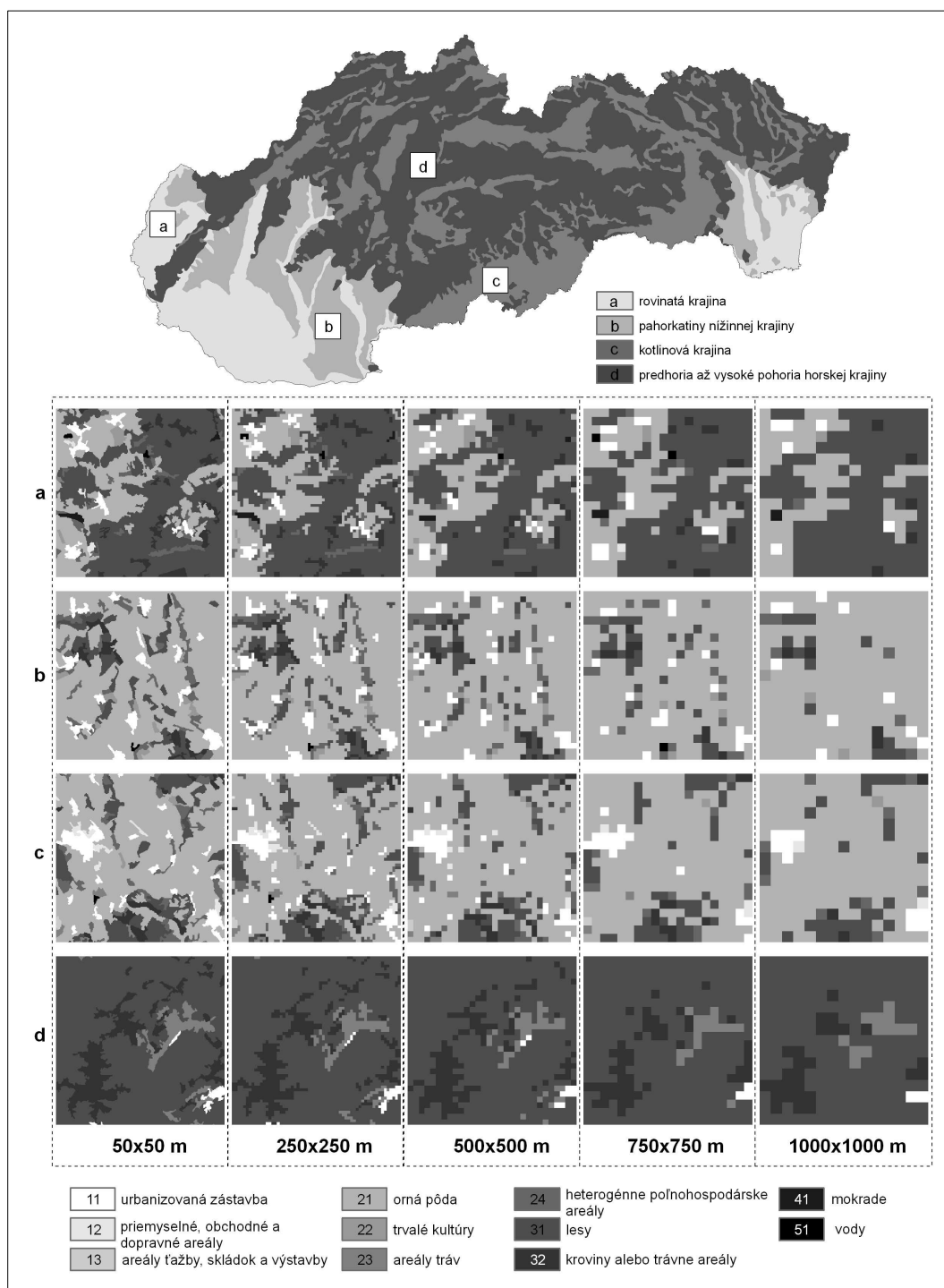
mierkových úrovniach. Mierková úroveň predstavuje určitú charakteristiku opisujúcu veľkosti minimálnej mapovanej jednotky (rozlišovacej úrovne) a rozlohu skúmaného areálu. Štúdie (Turner et al., 1989, Moody a Woodcock, 1995, Wickham a Riitters, 1995, Wu et al., 2002, Wu, 2004) poukázali na určité všeobecné pravidlá platiace pre štruktúrne vlastnosti krajiny bez ohľadu na skúmanú mierku. Na druhej strane zmena mierky signifikantne ovplyvňuje interpretáciu a analýzu vygenerovaných dátových vrstiev (Yang a Merchart, 1997). Z tohto poznania vzniká predpoklad o vzájomnej prepojenosti ekologických procesov a možnosti ich extrapolácie a predikcie na základe určitých krajinných štruktúr.

Cieľom príspevku je poukázať prostredníctvom analýzy preferovaných krajinej pokrývky prezentovanej dátovou vrstvou CORINE land cover z roku 2006 (CLC 2006) na unikátnosť alebo mierkovú závislosť štruktúrnych vlastností krajiny. V snahe o objektivizáciu výsledkov boli preferované štruktúrne znaky analyzované v rámci 4 vybraných základných typov prírodnej krajiny Slovenska.

## 1. Dáta a metódy

Krajinná pokrývka predstavuje zhmotnený priemet prírodných priestorových daností a využitia krajiny, pričom prírodné, modifikované a vytvorené objekty reálnej krajiny identifikujeme ako jeho fyzický stav (O’ahel’ et al., 2004). Na identifikáciu a vymedzenie tried krajinej pokrývky sledovaných území bola použitá dátová vrstva reprezentujúca stav z roku 2006 z projektu CORINE Land Cover pozostávajúca na Slovensku (na najnižšej – tretej úrovni) z 31 tried. Detailná metodika tvorby dátovej vrstvy je napr. v prácach Heymann et al. (1994), Feranec a O’ahel’ (2001). Z charakteristických vlastností je vhodné spomenúť, že mapované jednotky predstavujú areály s minimálnou rozlohou 25 ha. V snahe zamedziť negatívnym vplyvom prílišnej detailnosti dátovej vrstvy na skúmanie mierkových závislostí boli jednotlivé triedy krajinej pokrývky pred samotnou analýzou zlúčením generalizované na druhú klasifikačnú úroveň, čo obmedzilo ich početnosť v skúmaných územiach na 11 tried: (11) urbanizovaná zástavba, (12) priemyselné, obchodné a dopravné areály, (13) areály ťažby, skládok a výstavby, (21) orná pôda, (22) trvalé kultúry, (23) areály tráv, (24) heterogénne poľnohospodárske areály, (31) lesy, (32) kroviny alebo trávne areály, (41) mokrade, (51) vody (obr. 1). Pri geoeologickej analýze prírodnej krajiny sa identifikujú kľúčové vlastnosti a synergické vertikálne vzťahy významných interagujúcich prvkov krajiny: georeliéfu, geologického substrátu, vody, pôdy a potenciálnej vegetácie. Vytvorené priestorové jednotky s relatívne homogénnymi vlastnosťami boli predstavené prostredníctvom regionálnej taxonómie v mape prírodnej krajiny Slovenska (Mazúr et al., 1977, O’ahel’ et al., 2000). Upravená verzia mapy prírodnej krajiny (O’ahel’, 2000) v mierke 1:500 000 má 27 tried klasifikovaných na štyroch hierarchických úrovniach, pričom v príspevku bola použitá druhoúrovňová diferenciacia so štyrmi relatívne homogénnymi typmi prírodnej krajiny: (a) rovinatá krajina a (b) pahorkatiny nížinnej krajiny, (c) kotlinová a (d) predhoria až vysoké pohoria horskej krajiny (obr. 1).

Hlavným kritériom vyčlenenia skúmaných území bola ich homogenita z hľadiska prírodných typov a rôznorodosť v zmysle rôznorodosti typov krajinej pokrývky. Rozloha území odpovedala výsledkom analýzy pohybujúcim oknom definujúcej rozlohu homogénneho (z hľadiska prírodnej krajiny) štvorcového územia v okolí každého pixla. Vzhľadom na uskutočnené analýzy odpovedajúce viacerým mierkovým úrovniam, doplnkovým kritériom bola aj distribúcia a početnosť „nulových deliteľov“ v intervale 50 až 1000, kde dolná hranica predstavovala základnú rozlišovaciu úroveň skúmanej dátovej vrstvy a horná zvolené maximum, na ktorého úrovni bola vo väčšine prípadov ešte zachovaná početnosť tried krajinej pokrývky. Na základe výsledkov bolo vizuálnym porovnaním pre každý základný (druhoúrovňový) typ prírodnej krajiny vybrané územie s najvyššou rôznorodosťou a najnižším podielom urbanizovaných areálov (kódy ČLC 11, 12, 13). Vybrané územia (obr. 1) reprezentujú štvorcové areály s rozlohou 22 500 ha v Borskej nížine (typ rovinatej krajiny), v Podunajskej pahorkatine (typ pahorkatinnej krajiny), v Juhoslovenskej kotline (typ kotlinovej krajiny) a vo Veľkej Fatre (typ krajiny predhorí až vysokých pohorí – horský typ). Zmena mierkovej úrovne sledovaného javu môže nastať v dôsledku agregácie alebo degregácie najmenej mapovanej jednotky (upscaling/downscaling) alebo v dôsledku zmeny rozlohy územia, na ktorom sa daný jav skúma. V príspevku je zmena mierky ekvivalentom agregácie alebo zmeny rozlišovacej úrovne spôsobenej zmenou veľkosti mapovaného pixla. Predchádzajúce štúdie totiž ukázali, že v porovnaní so zmenami rozlohy, ako metódou skúmania mierkovej závislosti, sú výsledky dosiahnuté agregáciou prehľadnejšie a reprodukovateľnejšie.



Obr. 1 Lokalizácia sledovaných území a príklad zmien štruktúry krajinej pokrývky spôsobených agregáciou na 4 rôznych agregáčnych úrovniach

Agregácia dátových vrstiev krajinej pokrývky s vysokým rozlíšením na vytvorenie dát s nižším rozlíšením patrí medzi bežný postup zmeny mierkovej úrovne a je identický s procesom generalizácie (Yang a Merchart, 1997). V našom prípade sme uvedený postup aplikovali na rastrový typ dát s použitím tzv. pravidla väčšiny (angl. majority rule). Pravidlo väčšiny patrí k najpoužívanejším metódam agregácie kategorických dát v krajinej ekológii, ako aj v oblasti spracovania údajov diaľkového prieskumu Zeme (Wu, 2004). Týmto spôsobom bolo systematicky vytvorených 15 rastrových vrstiev s odlišnými veľkosťami strany obrazového elementu (pixla) (50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 250 m, 300 m, 500 m, 600 m, 750 m, 1000 m). Keďže agregácia čiastočne znižuje početnosť jednotlivých tried, na vytvorenie každého rastra bol použitý počiatočný raster s veľkosťou pixla 50x50 metrov. Výhodou opísaného postupu, oproti kumulatívne zvyšovaniu veľkostí, je čiastočné odstránenie chyby vzniknutej procesom agregácie (Wu, 2004), ako aj nezávislosť agregovanej dátovej vrstvy od predošlej agregácie (Trani, 2002). Stanovenie veľkosti pixla počiatočného rastra priamo súvisí s vlastnosťami vstupných dát – mierkou dátovej vrstvy CORINE land cover.

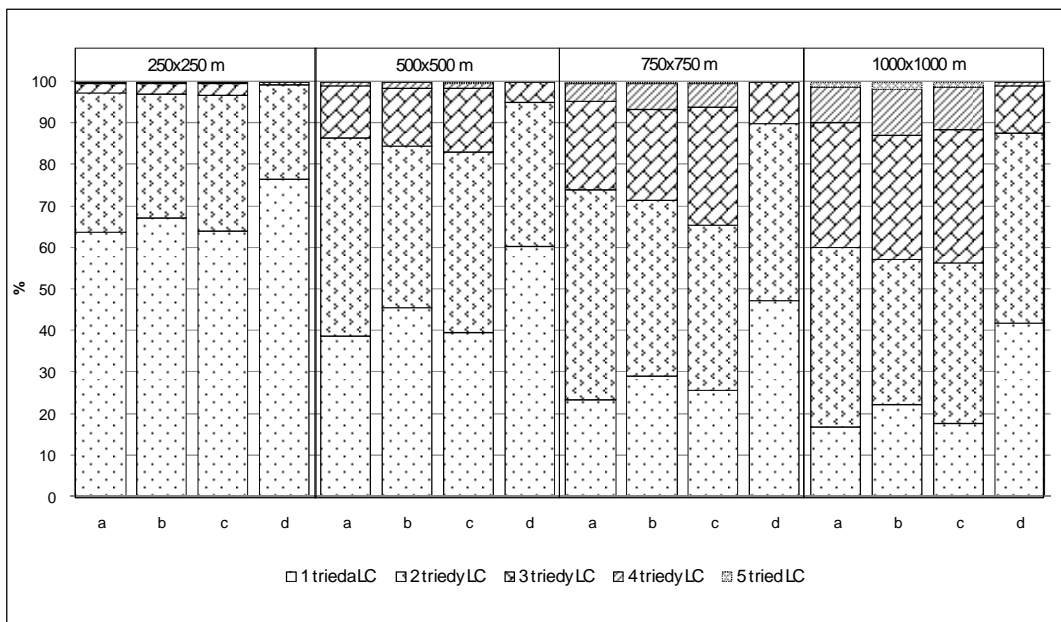
Vhodnými indikátormi na štruktúrne znaky krajiny sú tzv. krajinné metriky (krajinné ukazovatele, krajinné indikátory) opisujúce štruktúrne vlastnosti kategorických máp. Na účel výpočtu krajinných metrik bol použitý softvér Fragstats 3.3. (McGarigal et al., 2002) obsahujúci algoritmy výpočtu veľkého množstva krajinných indexov na úrovni jednotlivých areálov (areálové metriky), jednotlivých tried (triedne metriky) a metrik pre všetky triedy súčasne (v kontexte všetkých areálov na celoplošnej úrovni). Na všetkých úrovniach je pritom možný opis kompozície, ako aj konfigurácie jednotlivých tried (McGarigal et al., 2002). Z celkového množstva približne 20 areálových, 43 triednych a 53 krajinných metrik a odvodených štatistických ukazovateľov boli na dosiahnutie výsledkov analýzy prvotne vybrané všetky triedne metriky a z nich odvodené štatistické ukazovatele, pričom ich hodnoty boli vypočítané na každej agregáčnej úrovni samostatne. Práve indikátory na úrovni tried krajinej pokrývky obsahujú informácie, ktoré sa dajú uplatniť pri plánovaní procesu alebo prijímaní ekologických opatrení (Wu, 2004). Celkový počet indikátorov bol na základe zmien hodnôt odpovedajúcich zmene mierky rozdelený do skupín na (1) metriky s predpovedateľnou odozvou a (2) metriky s nepredpovedateľnou odozvou. Kým prvá skupina predstavovala metriky, pri ktorých je zmena mierky štatisticky opísateľná lineárnou ( $y = ax + b$ , kde  $y$  predstavuje hodnotu metriky,  $a, b$  konštanty,  $x$  veľkosť hrany pixla), exponenciálnou ( $y = (e^{ax})b$ , kde  $y$  predstavuje hodnotu metriky,  $a, b$  konštanty,  $x$  veľkosť hrany pixla), logaritmicou ( $y = a \ln x + b$ , kde  $y$  predstavuje hodnotu metriky,  $a, b$  konštanty,  $x$  veľkosť hrany pixla) alebo mocninovou ( $y = ax^b$ , kde  $y$  predstavuje hodnotu metriky,  $a, b$  konštanty,  $x$  veľkosť hrany pixla) funkciou na hladine významnosti  $R$  vyššej ako 85 % u väčšiny tried skúmaného územia. Druhá skupina obsahovala metriky, pri ktorých nie je možné pomocou uvedených funkcií odozvu štatisticky predpovedať.

## 2. Výsledky a diskusia

Lokalizáciu sledovaných území znázorňuje obr. 1. Priemerná hodnota nadmorskej výšky územia prezentujúceho rovinný typ krajiny dosahovala 192,5 m. Rozdeleniu územia na dva podcelky Borskej nížiny, približne v stredovej osi, odpovedá aj dominancia areálov ornej pôdy vo východnej časti v kontraste s lesnými areálmi v západnej časti územia. Tejto kontrastnosti prispieva aj celková rozdrobenosť územia, kde lesné areály a umelé povrchy prispievajú k fragmentácii poľnohospodárskej krajiny, kým poľnohospodárska krajina fragmentuje lesné porasty. Výraznú dominanciu agrárnych útvarov nachádzame na území ležiacom na pahorkatine. Vyššiu hodnotu priemeru nadmorskej výšky, oproti typu rovín, spôsobuje disekcia reliéfu pahorkatiny najmä v centrálnej časti územia, odpovedajúcemu približne zalesneným lokalitám. K fragmentácii prispieva relatívne rovnomerné rozmiestnenie maloplošných zastavaných území charakteristických pre popisovanú časť Podunajskej nížiny, ako aj výskyt nevyužívaných poľnohospodárskych areálov v blízkosti vodných tokov. Poľnohospodárske areály dominujú aj územiu, ktoré prezentuje kotlinový typ prírodnej krajiny. Celkový charakter územia s priemernou nadmorskou výškou 270 m narušuje severné úpätie Cerovej vrchoviny, zasahujúce do južnej časti územia, približne v lokalitách koncentrovaného výskytu lesných porastov. Výskyt poľnohospodárskych areálov je v slovenských kotlinách väčšinou spojený s vysokou zastavanosťou. Vo vybranom území je výrazná koncentrácia umelých plôch spojená s okresným mestom Lučenec, situovanom vo východnej časti územia a menšími obcami s pravidelným výskytom. Charakteristickým znakom územia, ktoré prezentuje predhoria až

vysoké pohoria (horský typ), je výrazne lesnatý charakter. Územie, ktorého väčšina spadá do geomorfologického celku Veľká Fatra, dosahuje priemernú nadmorskú výšku až 1047 m so štandardizovanou odchýlkou 313 m. Diverzitu v tomto prípade zvyšujú okrem poľnohospodárskych areálov tráv najmä centrálne rozšírené kroviny a trávne porasty. Ich bezprostrednú blízkosť s poľnohospodárskymi areálmi možno spojiť s potencionálnym pustnutím.

Plošná hodnota agregovaného pixla stanovuje takisto prahovú hodnotu minimálnej veľkosti vyskytujúcich sa areálov. Vyplývajúcim dôsledkom tejto zmeny je strata krajinných prvkov, čo môže výrazne ovplyvniť celkovú rôznorodosť a hodnotu metrick jednotlivých tried (Trani, 2002).



Obr. 2 Podiel homogénnych (1 trieda LC) a zmiešaných (>1 trieda LC) pixlov na vybraných agregáčnych úrovniach sledovaných území prírodnej krajiny

Podľa predpokladu proces agregácie na sledovaných územiach znížil početnosť jednotlivých tried krajinej pokrývky a kumulatívne zvyšoval podiel tzv. zmiešaných pixlov. Zmiešané pixle predstavujú vnútorne rôznorodé štvorce v zmysle početnosti tried krajinej pokrývky. Trend narastajúcej rôznorodosti agregovaných pixlov čiastočne ilustruje obr. 2. Pre jeho prehľadnosť boli zamerne vybrané iba 4 agregáčne úrovne s čo najpravideľnejším rozstupom.

Napriek tomu, že dominancia homogénnych pixlov bola pri dĺžkach strany do 250 m relatívne vysoká, ich podiel výrazne klesal približne na hodnoty 17 až 42 % pri dĺžke strany pixla 1000 m. Dôvodom zachovania vysokého podielu homogénnych pixlov, na najvyššej agregáčnej úrovni pri území prezentujúcom predhoria až vysoké pohoria, je výrazná plošná prevaha lesných areálov zachováajúca homogenitu jednotlivých agregovaných pixlov. Miera počiatocnej „stability“ sledovaných území do určitej miery koreluje so zvyšujúcou sa rôznorodosťou spojenou s narastaním počtu tried v agregovaných pixloch. Na agregáčnej úrovni 1000 m je možné už na všetkých sledovaných územiach pozorovať výraznú dominanciu pixlov obsahujúcich 2 a 3 triedy krajinej pokrývky.

Prehľadne je opis metrick spracovaný v dokumentoch softvéru Fragstats (McGarigal et al., 2002). Najmä kvôli rozsahu príspevku sme sa pri ich všeobecnom opise obmedzili na zoznam uvedený v tab. 1, ktorý charakterizuje metriky s predpovedateľným trendom väčšiny tried na jednotlivých sledovaných územiach.

**Tab. 1** Metriky so zmenou mierky štatisticky opísateľnou lineárnou, exponenciálnou a logaritmickou, resp. mocninovou funkciou na hladine významnosti R vyššej ako 85 %

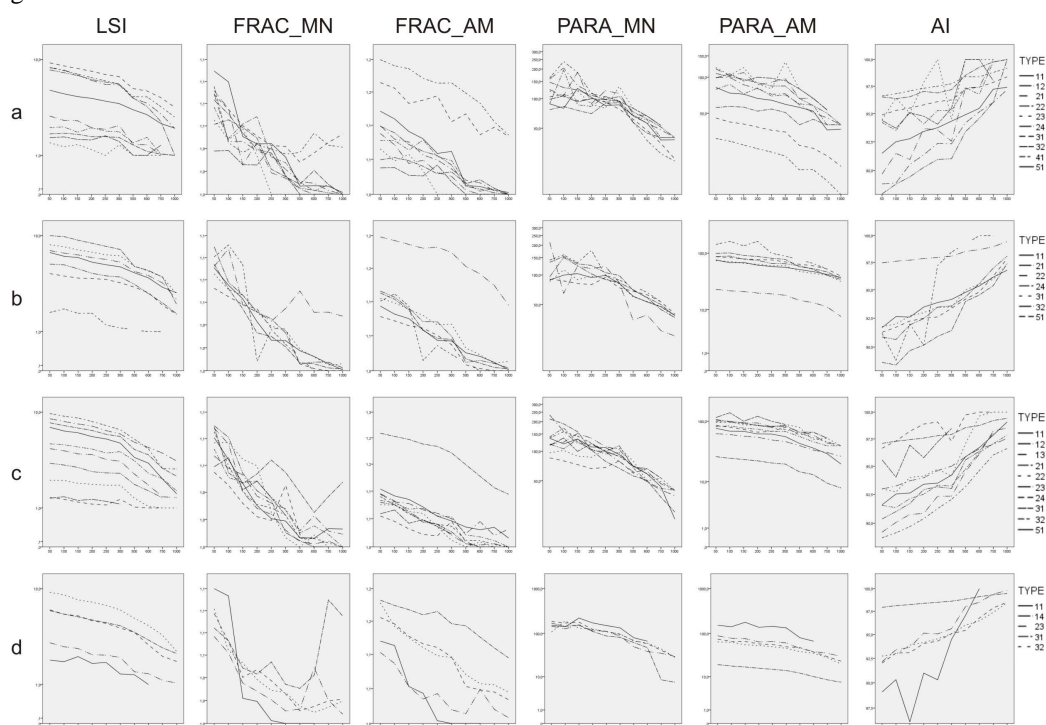
Metrika	Typ prírodnej krajiny			
	a	b	c	d
TE	lineárna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	exponenciálna
ED	lineárna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	exponenciálna
LSI	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	exponenciálna
SHAPE_MN		mocninová logaritmická	mocninová logaritmická	
SHAPE_AM	logaritmická	logaritmická	mocninová logaritmická	mocninová logaritmická
FRAC_MN	mocninová logaritmická	mocninová logaritmická	mocninová logaritmická	
FRAC_AM	mocninová logaritmická	mocninová logaritmická	mocninová logaritmická	mocninová logaritmická
PARA_MN		exponenciálna	exponenciálna	exponenciálna
PARA_AM	exponenciálna	lineárna exponenciálna exponenciálna	exponenciálna	exponenciálna
CIRCLE_MN			logaritmická	
CIRCLE_AM		lineárna exponenciálna		
CONTIG_AM	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna
CLUMPY	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna
PLADJ	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna
AI	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna	lineárna exponenciálna
NLSI	lineárna	lineárna exponenciálna	lineárna	lineárna

Vysvetlivky:

TE – celková dĺžka hraníc areálov skúmanej triedy; ED – hustota hraníc skúmanej triedy; LSI – krajinný index formy definovaný ako podiel sumy obvodov všetkých areálov sledovanej triedy v skúmanom území a najmenšieho možného obvodu pri danej výmere triedy; NLSI – normalizovaná verzia indexu s ohľadom na najväčší teoreticky možný obvod pri danej výmere a rozlíšení; SHAPE\_MN, FRAC\_MN – priemerná a SHAPE\_AM, FRAC\_AM – priemerná areálovo vážená hodnota tvarového a fraktálového indexu charakterizujúca priemernú komplexnosť tvaru areálov skúmanej triedy; PARA\_MN – priemerná a PARA\_AM – priemerná areálovo vážená hodnota pomeru dĺžky hraníc ku veľkosti areálov charakterizujúca priemernú zložitost' areálov skúmanej triedy; CIRCLE\_MN – priemerná a CIRCLE\_AM – priemerná areálovo vážená hodnota indexu opísateľnej kružnice, charakterizujúca tvar areálov skúmanej triedy na základe najmenšej opísateľnej kružnice, v ktorej je skúmaný areál obsiahnutý; PLADJ – podiel sumy pixlov skúmanej triedy v ortogonálnom susedstve každého pixla tejto triedy a sumy všetkých pixlov v susedstve; CLUMPY – podobný ukazovateľ ako PLADJ, avšak jeho veľkosť závisí aj od podielu skúmanej plochy na celkovej výmere sledovaného územia, AI – index zhlukovitosti definovaný ako podiel všetkých susediacich dvojíc pixlov sledovanej triedy a najväčšieho teoreticky možného počtu takýchto dvojíc pri danej výmere triedy. Zvýraznené metriky graficky znázorňuje obr. 3.

Z výsledkov vyplýva, že hodnoty metrických hodnotiacich dĺžku alebo hustotu hraníc (celková dĺžka hraníc (TE), hustota hraníc (ED), obyčajný a normalizovaný krajinný index formy (LSI, NLSI)) vykazovali v priebehu agregácie lineárny alebo exponenciálny pokles. Aj keď „výpadok“ niektorých tried v priebehu agregácie do určitej miery skresľuje tento trend, možno konštatovať, že všeobecný trend, súvisiaci so zmenou hodnôt týchto metrických v dôsledku mierky, nie je citlivý na štruktúru skúmaného územia. Obdobné výsledky dosahujú aj metriky vyjadrujúce v podstate rovnaký

jav (susedstvo jednotlivých typov krajiny pokrývky), ale z odlišnej perspektívy (Leitao et. al., 2006). Prítom podobne, ako krajinné indexy foriem vďaka detailnejšej úrovni vnímania topologických vzťahov, okrem počtu a veľkosti areálov, zohľadňujú aj kompaktnosť foriem (Hurbánek, 2006). Ide o index zhlukovitosti (CLUMPY), percento rovnakých susedstiev (PLADJ), index agregovanosti (AI) a výmerou vážený index dotykovej blízkosti areálu (CONTIG\_AM). Z hľadiska analýzy trendov sú zložitejšie metriky opisujúce geometrické formy jednotlivých tried na základe hraníc a veľkosti areálov (priemerná hodnota indexu tvaru (SHAPE\_MN), priemerná hodnota fraktálového indexu (FRAC\_MN), priemerná hodnota pomeru dĺžky hraníc ku veľkosti areálov (PARA\_MN)). Jednoznačnejší trend dostaneme až priestorovým vážením týchto metrik (SHAPE\_AM, FRAC\_AM, PARA\_AM). V prípade priemernej hodnoty indexu opisateľnej kružnice (CIRCLE\_MN) bola významnosť trendov obmedzená na územia prezentujúce pahorkatinný a kotlinový typ prírodnej krajiny. Po vyvážení tohto indexu výmerou jednotlivých tried (CIRCLE\_AM) sa dokonca významnosť obmedzuje iba na pahorkatinnové územie, a to najmä kvôli relatívne pravidelnej štruktúre krajiny pokrývky a zachovaniu tvaru areálov jednotlivých tried v priebehu agregácie.



Obr. 3 Ilustrácia zmien hodnôt vybraných krajinných metrik (jednotlivé stĺpce) na skúmaných územiach (jednotlivé riadky) v dôsledku postupnej agregácie

Odozva ostatných krajinných metrik na úrovni tried na zmenu mierky v sledovaných územiach nebola pomocou vybraných funkcií štatisticky významná. Potenciálnym dôvodom, na ktorý poukazuje aj Wu (2004), je fakt, že výsledkom agregácie rastra pomocou pravidla väčšiny je vždy len raster pozostávajúci z pixlov štvorcového tvaru, čo čiastočne skresľuje veľkosť, tvar a orientáciu jednotlivých tried. Rovnako dôležitý je aj samotný aspekt skúmaný danou metrikou na úrovni triedy krajiny pokrývky, ktorý nie vždy vykazuje hierarchickosť a pravidelnosť závislú od zmeny mierkovej úrovne.

## Záver

Analýza viacerých typov prírodnej krajiny potvrdila výraznú závislosť zmien spôsobených agregáciou od priestorového usporiadania – kompozície a konfigurácie krajinných prvkov. Predpoklad, že agregácia spôsobuje stratu informácií, sa potvrdil v tomto príspevku viackrát. Príspevok takisto ukázal na niektoré všeobecne platné mierkové závislosti indikátorov vyjadrujúcich najmä geometrickosť a kompaktnosť jednotlivých tried. Keďže v príspevku boli použité len krajinné metriky na triednej úrovni, bolo by zaujímavé porovnať a overiť získané výsledky na areálovej alebo krajinnej úrovni. Práve stanovovanie vhodnej výskumnej úrovne (areálovej, triednej, krajinnej), ako aj odlíšenie všeobecne predpovedateľných indikátorov od nepredpovedateľných, môže výrazne zlepšiť potenciál analýzy priamo alebo nepriamo súvisiacej so štruktúrou krajiny. Podobný typ systematického výskumu nadobúda kritický význam aj pri tvorbe priestorových databáz, modelov a dátových vrstiev vyžadujúcich homogenizáciu a generalizáciu vstupov. Žiaľ, v snahe o zvýšenie analytických a aplikačných dimenzií vedeckých projektov, sa vplyv miery pri tvorbe takýchto dátových štruktúr často nezohľadňuje, tým zostáva potenciál multimierkového výskumu nevyužitý.

*Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením vedeckého projektu č. 2/0018/10 „Časovo-priestorová analýza využívania krajiny: hodnotenie dynamiky zmien, fragmentácie a stability aplikáciou dátových vrstiev CORINE land cover“ na Geografickom ústave SAV za podpory grantovej agentúry VEGA.*

## Literatúra

- FERANEC, J., OĽAHEL, J. (2001). *Krajinná pokrývka Slovenska*. Bratislava (Veda), s 124.
- HEYMANN, Y., STEENMANS, CH., CROISILE, G., BOSSARD, M. (1994). *Land Cover*. Technical Guide. Luxembourg (Office for Official Publications of European Communities), 136 s.
- HURBÁNEK, P. (2006). *Exploratívna analýza metód kvantifikácie morfometrických atribútov osídlenia indikujúcich vidiekosť na Slovensku* [dizertačná práca], Bratislava (Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta), 76 s.
- LEITÃO, A. B., MILLER, J., AHERN, J., MCGARIGAL, K. (2006). *Measuring landscapes: a planner's handbook*. Washington (Island Press).
- MAZÚR, E., KRIPPEL, E., PORUBSKÝ, A., TARÁBEK, K. (1977). *Geoekologické-prírodné krajinné typy. 1:500 000*. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., NEEL, M. C., ENE, E. (2002). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps*. Amherst (University of Massachusetts).
- MOODY, A., WOODCOCK, C. E. (1995) The influence of scale and the spatial characteristics of landscapes on land-cover mapping using remote sensing. *Landscape Ecology*, 10, s. 363-379.
- OPENSHAW, S., TAYLOR, P. J. (1981) The modifiable areal unit problem. In *Quantitative Geography: A British View*. London (Routledge and Kegan), s. 60-70.
- OĽAHEL, J. (2000). *Prírodná štruktúra krajiny 1:500 000*. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- OĽAHEL, J., FERANEC, J., PRAVDA, J., HUSÁR, K., CEBECAUER, T., ŠÚRI, M. (2000). Prírodná (rekonštruovaná) a súčasná krajinná štruktúra Slovenska hodnotená využitím bázy údajov CORINE land cover. *Geographia Slovaca*, 16. Bratislava (Geografický ústav SAV), 74 s.
- OĽAHEL, J., FERANEC, J., CEBECAUER, T., PRAVDA, J., HUSÁR, K. (2004). The landscape structure of the district of Skalica: assessment of changes, diversity and stability. *Geographia Slovaca*, 19, Bratislava (Geografický ústav SAV), 123 s.
- TURNER, M. G., O'NEILL, R. V., GARDNER, R. H., MILNE, B. T. (1989). Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 3, s. 153-162.
- TRANI, M.K. (2002). The influence of spatial scale on landscape pattern description and wildlife habitat assessment. In Scott, Heglund, Morrison et al. eds. *Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale*. Washington (Island Press), s. 141-156.
- WICKHAM, J. D., RIITERS, K. H. (1995). Sensitivity of landscape metrics to pixel size. *International Journal of Remote Sensing*. 16(18), s. 3585-3594.
- WU, J., SHEN, W., SUN, W., TUELLER, P. T. (2002). Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. *Landscape Ecology*, 17, s. 761-782.
- WU, J. (2004). Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecology*, 19, s. 125-138.



## **S u m m a r y**

### **Analysis of land cover structure: example on selected natural landscape types**

The main purpose of this study is the investigation of landscape spatial structure properties through the analysis of 50 m spatial resolution CORINE land cover dataset using several class level landscape metrics at different spatial resolutions. Four different study areas were used to represent four different types of natural landscapes. For purpose of our study, we generalized the original 3rd level CORINE land cover dataset to the 2nd level. This process divided our study areas into 11 unique land cover classes. Generalization was also applied on natural landscape dataset resulting in 4 homogenous (in sense of our dataset) classes representing plains, hilly lands, basins and highlands. To investigate the response of landscape structure to changing resolution, raster land cover dataset in initial 50 m resolution on all study areas was systematically aggregated by majority rule up to 1000 m by values which didn't affecting the extent size of study area (100, 150, 200, 250, 300, 500, 600, 750, 1000). For scale analysis of landscape structure, only class level landscape metrics covered in Fragstats 3.3 software has been chosen as an optimum level providing information on each patch for land cover type in the landscape, which is necessary for most ecological or planning considerations (Wu, 2004). The investigation of pixel heterogeneity at various aggregation levels shows that classes with small original area proportions are typically consumed by the dominated ones. Beside area proportion also shape and interspersion (in sense of compactness) plays here leading role. The response of class level metrics to changing scale was investigated through 4 different curve estimation regression models (linear, logarithmic, exponential, power). According to results landscape metrics were later divided on those were scaling behaviour was statistically significant and those were scaling behaviour was unpredictable. Results of our analysis show that in case of scale dependencies only few metrics describing geometrical and topological structures have significantly predictable behaviour. Fact that landscape structure at coarser resolution strongly depends on spatial composition and configuration of the landscape at the finer resolutions, which was validated here, underline the further necessity of scale dependence investigation in landscape structure analysis.

Fig. 1 Localization of study areas and example of changes in land cover structure caused by aggregation on 4 different scales

Fig. 2 Percentage of homogenous and mixed pixels in study areas at 4 different scales

Fig. 3 Illustration of changes in landscape metrics values (columns) in 4 different study areas (rows) caused by aggregation

Tab. 1 Values of landscape metrics exhibited statistically significant ( $R > 85\%$ ) scaling response described by linear, exponential, logarithmic or power curve estimation models

### **Recenzovali:**

**Mgr. Miroslav KOŽUCH, PhD.,**  
**Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,**  
**Bratislava**

**Doc. PhDr. RNDr. Martin BOLTIŽIAR, PhD.,**  
**Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Fakulta prírodných vied,**  
**Nitra**