

Martina CEBECAUEROVÁ, Tomáš CEBECAUER

ŠPECIFICKÉ VIZUALIZÁCIE ZMIEN KRAJINNEJ POKRÝVKY AKO NÁSTROJ POZNÁVANIA KRAJINY

Cebecauerová M., Cebecauer T.: Specific visualizations of land cover changes as a tool of landscape cognition. Kartografické listy 2005, 13, 9 figs., 11 refs.

Abstract: One of the issues connected with the study of land cover changes is visual presentation of changes aiming to improve possibility of their interpretation and communicate them to other users. The visualization of such complex data as the land cover changes are calls for specific approaches allowing to reduce the high amount of changes taking place in the studied territory, to more concise information which is communicated to other users. In the paper the basic approaches based on an aggregation of changes in relation to user needs and spatial aggregation of changes are explained. This explanation is followed by examples of land cover changes visualizations highlighting different aspects of undergone changes in the territory of south part of Záhorie lowland.

Keywords: land cover changes, visualization of changes, hierarchy of changes

Úvod

Krajina prechádza pod vplyvom prírodných procesov a tlaku spoločnosti neustálymi zmenami, ktoré vzhľadom na rôznorodosť prírodných podmienok a spoločenského záujmu nadobúdajú veľkú priestorovú diferenciaciu. Dynamika krajiny a jej rôznorodé prejavy sú predmetom štúdia viacerých disciplín. Jedným z prístupov k zachyteniu dynamiky krajiny, ktorý umožňuje získať informácie o rozložení krajinných štruktúr a ich premien, je analýza zmien krajinej pokrývky (KP).

Krajina ako systém sa dá definovať a analyzovať pomocou vlastnej štruktúry a jej premien. Krajinná štruktúra je tvorená prvkami – triedami krajinej pokrývky, tak ako ich zachytáva databáza krajinej pokrývky v určitom časovom okamihu. Zmeny štruktúry predstavujú v najvšeobecnejšom chápaní postupnosť na seba nadväzujúcich stavov týchto prvkov, čo umožňuje zmeny krajiny identifikovať práve analýzou jej vybraných stavov (Feranec et al. 1997). Zmeny v krajine sa dajú identifikovať porovnaním východiskového a koncového stavu krajinej štruktúry v dvoch časových horizontoch. Každá krajinná zmena sa dá charakterizovať dvomi procesmi, a to: procesom zániku pôvodnej štruktúry a procesom vzniku novej krajinej štruktúry (Cebecauerová 2004).

Štúdium zmien krajinej štruktúry prostredníctvom analýzy zmien databáz KP sa opiera o identifikáciu kvalitatívnych (premena jednej triedy krajinej pokrývky na triedu inú) a kvantitatívnych (rozloha) prejavov zmien areálov tried KP. Prednosťou tohoto prístupu je, že identifikované zmeny priestorovej štruktúry krajiny sú presne polohovo lokalizované. Dynamika krajinej štruktúry, vychádzajúca zo zmien KP, sa dá hodnotiť rôznymi spôsobmi, napr. porovnávaním štatistických charakteristík hodnotených databáz KP, analýzou rozlohy vzájomných zmien medzi jednotlivými triedami KP v rámci hodnotených priestorových jednotiek (Feranec et al. 1997), hľadáním vzťahov medzi uskutočnenými zmenami a inými vlastnosťami krajiny (Oľahel et al. 2000), popisom typov zmien a ich priestorového rozloženia (Feranec et al. 2000, Boltížiari 2004). Vzhľadom na to, že analýza dynamiky krajiny, založená na hodnotení zmien KP, umožňuje integráciou databáz KP presne identifikovať zmeny a ich priestorovú lokalizáciu, vhodným nástrojom na ich interpretáciu sú ich účelové vizualizácie.

Vizualizácie zmien, či už formou máp alebo špecifického počítačového znázornenia, sa stali neoddeliteľnou súčasťou procesu analýz a interpretácie zmien krajiny štruktúry, ktoré veľmi názorne zobrazujú priestorové vzťahy uskutočnených zmien. Okrem toho predstavujú veľmi efektívny prostriedok na komunikáciu týchto informácií ostatným používateľom, ktorý z hľadiska schopnosti zachytenia priestorového kontextu nie je nahraditeľný ani prezentáciou štatistických ukazovateľov uskutočnených zmien ani slovným opisom ich priestorovej lokalizácie.

Geoinformačné technológie predstavujú nepostrádateľný prostriedok pri analýze dynamiky zmien krajiny prostredníctvom databáz KP. Nachádzajú uplatnenie vo všetkých fázach identifikácie zmien počnúc tvorbou primárnych databáz KP z údajov diaľkového prieskumu Zeme, cez analýzu kvalitatívnych a kvantitatívnych charakteristík štruktúry PK až po tvorbu vizualizácie rôznych aspektov zmien. Možnosť integrácie údajov v rámci GIS umožňuje identifikovať priestorové vzťahy medzi databázami zachytávajúcej štruktúru KP vo dvoch alebo viacerých časových horizontoch, poprípade analyzovať priestorové vzťahy medzi databázami KP a inými priestorovými údajmi. Možnosť integrácie údajov v kombinácii s flexibilnými nástrojmi na ich vizualizáciu vytvárajú predpoklady na tvorbu účelovo zameraných znázornení zmien KP umožňujúcich zvýraznenie špecifických aspektov zmien podľa potreby analýz a interpretácií dynamiky krajiny (Cebeacauer a Cebeacauerová 1999). Práve tvorba takýchto špecifických vizualizácií môže výrazne napomôcť pri analýze dynamiky krajiny a odhaľovaní niektorých priestorových vzťahov meniacej sa štruktúry krajiny ako aj komunikovať tieto informácie ďalším používateľom.

Cieľom príspevku je opísať základné prístupy k tvorbe vizualizácie zmien KP a prezentovať niektoré možnosti vizualizácie databázy zmien KP, ktoré boli špeciálne navrhnuté pre účely priestorovej lokalizácie všetkých zmien uskutočnených počas sledovaného obdobia 1954 – 1992 zachyteného v troch časových horizontoch. Snahou vytvárania týchto účelových vizualizácií je nielen zmeny priestorovo lokalizovať, ale pokúsiť sa analyzovať ich aj po stránke obsahovej.

Vizualizácia zmien

Možnosti tvorby vizualizácie zmien KP sú veľmi široké a umožňujú znázornenie rôznych aspektov zmien. Preto pri výbere vhodného spôsobu vizualizácie zmien KP by mal byť jedným zo základných kritérií účel jej použitia a z toho vyplývajúce požiadavky na vlastnosti zmien, ktoré majú byť zvýraznené. Najjednoduchším spôsobom vizualizácie KP pri analýze zmien je samostatná vizualizácia jednotlivých databáz KP a ich porovnávanie čitateľom (napr. Feranec et al. 1997, Pátiková 1999). Takéto porovnanie je z hľadiska analýz pre čitateľa veľmi náročné, pretože musí sledovať dve a viac máp KP naraz a neumožňuje mu dostatočne presne zistiť priestorové rozloženie zmien. Podstatne vhodnejšie je areály zmien identifikovať integráciou databáz a následne ich vhodne znázorniť. Integrácia databáz si však vyžaduje, aby boli databázy pre jednotlivé časové horizonty vytvorené použitím jednotného metodického prístupu, jednotnej legendy, využívajúcej pritom zhodné alebo aspoň podobné podkladové dáta. V prípade, ak sú databázy vytvorené odlišným prístupom, je analýza zmien na základe vizuálneho porovnávania jednotlivých databáz bez ich integrácie jediným možným prístupom. Aj napriek obmedzeniam z hľadiska presnej identifikácie areálov uskutočnených zmien je takéto porovnávanie cenným nástrojom pri štúdiu dynamiky krajiny.

Výsledok integrácie databáz umožňuje pre jednotlivé areály určiť triedu KP, do ktorej boli priradené v každom z analyzovaných časových horizontov. Na základe tejto informácie je možné určiť či v areáli došlo k zmene a identifikovať medzi akými triedami sa zmena uskutočnila. Tieto informácie sú predmetom spracovania pri analýze zmien a podkladom pre ich účelové vizualizácie. Pri tvorbe databáz KP sa zvyčajne využívajú nomenklatury obsahujúce aj niekoľko desiatok tried, čo komplikuje tvorbu máp KP pre jednotlivé časové horizonty (Ořahel et al 2003) a stavia aj neľahkú úlohu pri tvorbe vizualizácie zmien KP. Napríklad nomenklatúra CORINE land cover (Heyman 1994) obsahuje 44 tried na 3. hierarchickej úrovni, čo pri analýze zmien KP pre dva časové horizonty umožňuje vytvoriť 1936 kombinácií tried a pri analýze pre tri časové horizonty až 85184 kombinácií. Väčšina z týchto teoreticky možných kombinácií sa pri integrácii reálnych databáz nevyskytuje, množstvo realizovateľných kombinácií sa však pohybuje rádovo v stovkách, čo pri požiadavke čitateľnosti výsledných vizualizácií nie je možné konvenčnými spôsobmi znázorniť. Z tohoto dôvodu sa pri znázornení zmien pristupuje ku kvalitatívnemu vyhodnoteniu charakteru uskutočnených zmien s cieľom zdôraznenia vybraných vlastností zmien. Následne sú viaceré kombinácie tried KP agregované do skupín podľa zadaných vlastností. V literatúre sa

možno **stretnúť** s viacerými prístupmi ku kvalitatívnemu zhodnoteniu zmien medzi triedami KP a následnej obsahovej agregácie kombinácií zmenených tried KP. Medzi často používané patrí zoskupenie kombinácií tried na základe príbuznosti procesov, ktoré zmeny v krajine spôsobili, alebo charakteristických stavov krajiny po uskutočnených zmenách do typov zmien (napr. Feranec et al. 2000). Špecifickým príkladom tohoto prístupu je rozdelenie *typov zmien* vzhľadom na zánik a vznik areálov určitých skupín tried (Cebecauerová 2004). Iný prístup využíva hierarchický charakter nomenklatúry CORINE land cover na rozdelenie zmien tried krajinej pokrývky na základe úrovne, na ktorej ku zmene došlo (Cebecauerová a Cebecauer 2004, Cebecauerová 2004). Špecifickým prípadom je kvantitatívne vyjadrenie určitej charakteristiky areálu (napríklad koeficient ekologickej významnosti, obsah zastavanej plochy) a znázornenie zmeny ako rozdielu hodnôt vyjadrovanej kvalitatívnej charakteristiky zvlášť pre každý areál.

Okrem obsahovej agregácie je pri tvorbe účelových vizualizácií zmien KP možné pristúpiť aj k *priestorovej agregácii*, pri ktorej sú vybrané charakteristiky zmien KP vyhodnotené v rámci zvolenej siete areálových jednotiek. Pri tomto prístupe sú pre každý areál zvolenej siete priestorových jednotiek identifikované vybrané vlastnosti databáz KP alebo ich zmien, ktoré môžu byť aj výsledkom obsahovej agregácie. Sieť priestorových jednotiek sa stanovuje v súlade s účelom analýzy a môže byť pravidelná (zvyčajne štvorcová) alebo nepravidelná ako napríklad jednotky administratívneho členenia alebo povodia. Priestorové rozdiely zmien vybraných vlastností KP sú následne hodnotené na základe porovnania jednotlivých častí siete a pri ich vizualizácii sa používa predovšetkým metóda kartogramu a kartodiagramu. Prednosťou priestorovej agregácie je, že umožňuje zhodnotiť dynamiku krajiny pre väčšie územné jednotky a hodnotiť aj vlastnosti priestorovej štruktúry KP v rámci jednotiek siete, napríklad prostredníctvom indexov priestorovej diverzity (napr. Otaheľ et al. 2000).

Príklady účelových vizualizácií zmien krajinej pokrývky

Na nasledujúcich príkladoch sú prezentované vybrané účelové vizualizácie zmien KP z oblasti južnej časti Borskej nížiny a Malých Karpát, ktorých účelom bolo doplniť štatistickú analýzu zmien krajinej pokrývky o priestorový aspekt a predstaviť tak interpretáciu zmien prvkov krajiny v kontexte meniacich sa priestorových vzťahov celej krajinej štruktúry. Pri ich tvorbe boli použité databázy KP vytvorené počítačom podporovanou vizuálnou interpretáciou čiernobielych leteckých snímok z troch časových horizontoch (rok 1954, 1979 a 1992) s využitím upravenej legendy CORINE land cover (CLC) navrhutej pre mierku 1:50 000 (Feranec a Otaheľ 1999). Legenda má 4 hierarchické úrovne, na najvyššej 1. hierarchickej úrovni sa delí na 5 tried, na 4. hierarchickej úrovni sa skladá zo 76 tried. V rámci územia bolo vyčlenených 36 tried KP, v roku 1954 – 27, 1979 – 32, 1992 – 35. Postup tvorby databáz KP je bližšie opísaný v práci (Cebecauerová 2004).

Teoretické množstvo zmien medzi triedami v prvom období (v roku 1954 – 27 tried a v roku 1979 – 32) je 864 a v druhom období (počet tried v roku 1992 – 35) 1120. Z týchto zmien sa na území realizovalo 348 kombinácií v prvom študovanom období a 290 v druhom. Takéto množstvo zmien nebolo možné priamo vizualizovať, a preto boli vytvorené vhodné účelové vizualizácie, ktoré poukázali na vybrané aspekty zmien KP. V príspevku sú uvedené vizualizácie pre malý výrez zo študovaného územia a z dôvodu znázornenia len prostredníctvom stupňov sivej farby a šraf je čitateľnosť nižšia ako pri farebnom znázornení uvedenom v práci M. Cebecauerovej (2004).

Prvým príkladom je konštrukcia vizualizácií zmien vzhľadom na jedno stanovené obdobie. Vizualizáciu zmien je možné konštruovať dvoma spôsobmi v závislosti od časového horizontu, ktorý bol zvolený ako východiskový. V prípade staršieho horizontu sú z nej pre čitateľa okamžite jasné areály nezmenené a areály východiskovej triedy, ktoré sa zmenili, resp. zanikli. Nie je však možné zistiť, na akú triedu sa pôvodná trieda zmenila. Táto informácia sa dá získať z komplementárnej vizualizácie, pre ktorú je novší časový horizont zvolený ako východiskový a novo vzniknuté areály sú zvýraznené. Takéto vizualizácie zmien podávajú úplnú informáciu o pôvodnom aj novom priestorovom usporiadaní krajiny, plne zachovávajú kvalitatívny i kvantitatívny charakter informácií o zmenách.

Obrázok 1 predstavuje vizualizáciu databázy zmien KP vyjadrujúcu, ktoré areály z pôvodných v roku 1954 boli zmenené do roku 1979 na 1. hierarchickej úrovni. Táto vizualizácia obsahuje areály piatich hlavných tried v roku 1954, ktoré sú rozlíšené na nezmenené a zmenené. Areály, ktorých zmeny prebehli na nižších úrovniach, boli priradené k areálom nezmeneným. Obrázok 2

je vizualizácia zmien 1. hierarchickej úrovne zachytávajúca areály v roku 1979 so zvýraznením vzniknutých areálov, t. j. areálov ktoré vznikli zmenou z iných tried v roku 1954. V tomto prípade sa jedná o znázornenia zmien KP zachytávajúce druhú stranu procesu zmien, a tým je vznik nových areálov. Na obrázku ľahko identifikujeme areály vzniknuté, ich plošný nárast a rozloženie v krajine. Vizualizácia zobrazuje KP v roku 1979, pôvodnú triedu areálov v roku 1954 nezachytáva. Obrázok 3 je prezentuje vizualizáciu zmien vytvorenú kombináciou predchádzajúcich dvoch znázornení. Predstavuje priestorovú databázu všetkých realizovaných kombinácií zmien pre 1. hierarchickú úroveň v prvom období. Farba (stupne sivej) je nositeľom informácie o triedach ktoré vznikli – stav v roku 1979, textúra vyjadruje informáciu o pôvodných triedach areálov – stav v roku 1954. Vizualizácia vytvorená kombináciou dvoch predchádzajúcich je informačne bohatšia, avšak jej vizuálna interpretácia je náročnejšia. Obdobným spôsobom boli konštruované aj mapy zmien 1. hierarchickej úrovne pre druhé študované obdobie (1979 – 1992).



Obr. 1 1954 (1. hierarchická úroveň) – stav a následné zmeny vzhľadom na 1979



Obr. 2 1979 (1. hierarchická úroveň) – stav a uskutočnené zmeny vzhľadom na 1954

Ak pristúpime k analýze zmien na druhej hierarchickej úrovni, vidíme že zmeny, ktoré sa v krajine odohrali, je náročnejšie postrehnúť nielen vizuálne, ale aj interpretovať v rámci procesu vývoja krajiny. Vizualizácie zmien na 2. úrovni (obr. 4 a 5) predstavujú znázornenie 10 tried krajinej pokrývky identifikovaných na 2. úrovni (informácia je sprostredkovaná farbou, resp. stupňom sivej) v závislosti od premeny na 1. úrovni, premeny na 2. úrovni alebo bez zmien na 1. a 2. úrovni. Legenda takejto mapy zmien tak obsahuje 30 prvkov, kde šrafova vyjadruje zmeny – vodorovná prislúcha zmene na 1. hierarchickej úrovni, a zvislá zmene na 2. hierarchickej úrovni. Areály bez šrafova prislúchajú areálom bez zmeny. Musíme konštatovať, že ak chceme v priestorovom aspekte analyzovať niektoré vybrané zmeny, treba použiť aj vizualizácie nižšej úrovne, ktorú sme

ešte schopní spracovať a vyhodnotiť. Týka sa to napríklad analýzy zmien poľnohospodárskej krajiny, v ktorej najrozsiahlejšie zmeny sa odohrali práve na 2. úrovni.



Obr. 3 Zmena na 1. hierarchickej úrovni – 1954 (vzor) a 1979 (farba)

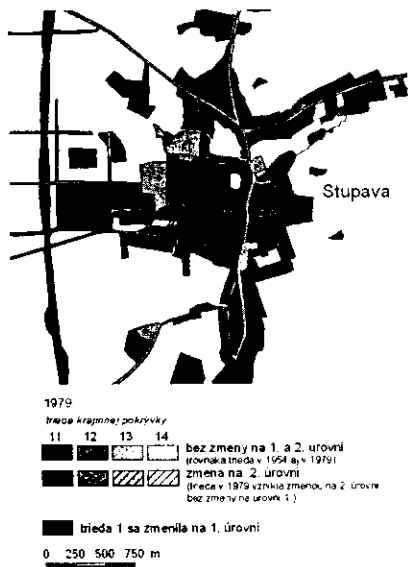
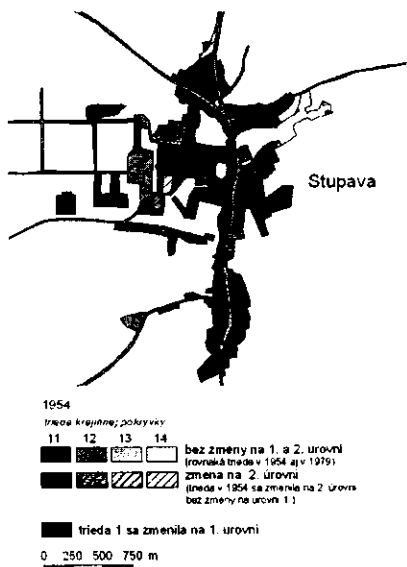


Obr. 4 1954 (2. hierarchická úroveň) –stav a následné zmeny vzhľadom na 1979



Obr. 5 1979 (2. hierarchická úroveň) –stav a uskutočnené zmeny vzhľadom na 1954

Zobraziť a analyzovať zmeny pre triedy 2. hierarchickej úrovne môžeme aj iným spôsobom, a to vizualizáciou vnútorných zmien vybranej triedy. Pre túto triedu neuvažujeme s premenami na 2. úrovni, v prípade ak nastala zmena už na 1. úrovni. Ide vlastne o výber triedy z okolia pričom sledujeme len jej vnútorné zmeny na 2. úrovni. Obrázok 6 zachytáva vizualizáciu databázy zmien triedy 1 (umelé povrchy) na 2. hierarchickej úrovni, pričom sú zväzrasnené pôvodné areály z roku 1954, ktoré boli zmenené do roku 1979, a obr. 7 vyjadruje, ktoré areály triedy 1 na 2. úrovni vznikli zmenou z iných tried. Vyhodnotenie tejto vizualizácie je podstatne menej náročné ako v prípade predchádzajúcich vizualizácií všetkých zmien na 2. úrovni, avšak informácie sú zúžené len na analyzovanú triedu.



Obr. 6 Zmeny vybranej triedy (1. a 2. úroveň), 1954 – stav a následné zmeny vzhľadom na rok 1979 (výrez Stupava)

Obr. 7 Zmeny vybranej triedy (1. a 2. úroveň), 1979 – stav a uskutočnené zmeny vzhľadom na rok 1954 (výrez Stupava)

Vidíme, že konštrukcia vizualizácií databázy zmien pre nižšie hierarchické úrovne je náročná ako z hľadiska technicko-prezentačného, tak i z dôvodov zložitej interpretácie a využitia získaných informácií. Analýza zmien na najnižšej úrovni je vhodná pre špecifické požiadavky sledovania zmien vybranej triedy krajinej pokrývky, alebo niekoľkých vzájomne funkčne prepojených tried. Účelovosť sa môže odraziť aj v snahe vyjadriť pozitívne, resp. negatívne zmeny vzhľadom na kvalitu životného prostredia pomocou vizualizácií databázy zmien.

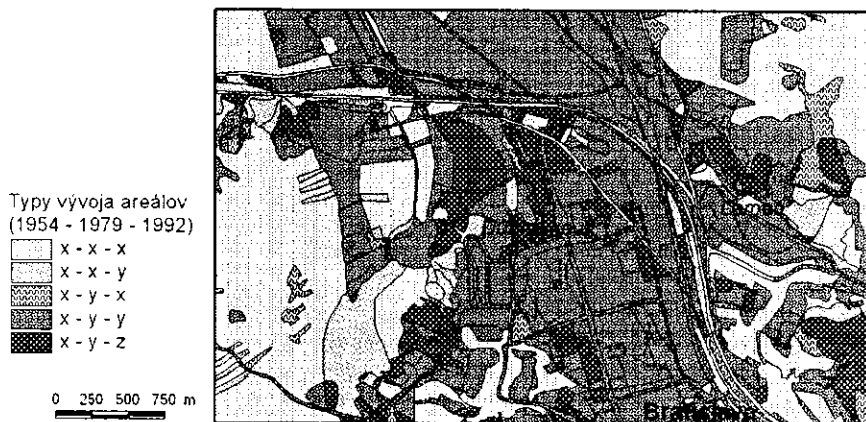
Okrem prezentovaných vizualizácií sme navrhli aj ďalšie vyjadrujúce iné aspekty zmien. Hierarchická nomenklatura krajinej pokrývky nám umožnila študovať hierarchiu zmien na štyroch úrovniach. Zmeny identifikované na 1. úrovni informujú o kvalitatívne najvýznamnejších premenách a najvyššej intenzite spoločenského vplyvu. Zmeny identifikované na 2. až 4. úrovni informujú o charaktere a spôsobe využívania hlavných tried, poukazujú na zmeny vnútorného usporiadania a priestorovej organizácie krajiny a naznačujú vzťah k spoločenským, ekonomickým a politickým súvislostiam. Smerom ku 4. úrovni sa postupne zjemňuje kvalitatívna premena pôvodného areálu. Vizualizácia hierarchie zmien krajinej pokrývky (obr. 8) zachytáva priestorové rozloženie jednotlivých úrovní zmien krajinej pokrývky a umožňuje ľahko identifikovať areály bez zmeny, ktoré reprezentujú stabilné elementy krajinej štruktúry v určitom období.

Všetky realizované zmeny za celé obdobie 1954 až 1992 sme ďalej klasifikovali podľa typu vývoja jednotlivých areálov. Vyčlenili sme 5 typov vývoja areálov od stabilných až po areály, ktoré sa menili v každom období. Niektoré areály patrili v roku 1954 a v roku 1992 rovnakú triedu KP pričom zmena nastala len v roku 1979. Takéto zmeny (typ vývoja areálov $x \rightarrow y \rightarrow x$) nám

umožnili poukázať na tie krajinné prvky, pri ktorých sa obnovili ich pôvodné vlastnosti a zmena bola len dočasná. Interpretácia takýchto zmien spolu s ďalšími dopĺňajúcimi informáciami môže hlbšie prispieť ku problematike obnovy historických krajinných štruktúr. Vizualizácia (obr. 9) zasadzuje jednotlivé typy vývoja areálov do priestoru, odhaľuje časti krajiny podliehajúce dynamickým premenám, naznačuje miesta výskytu areálov predstavujúcich obnovu pôvodných areálov.



Obr. 8 Zmeny krajinej pokrývky podľa hierarchickej úrovne (1954 – 1979)



Obr. 9 Typy vývoja areálov v rokoch 1954 – 1979 – 1992

Záver

Vizualizácie zmien KP predstavujú vhodný prostriedok na získanie a komunikáciu informácie o priestorových vzťahoch a rozložení zmien. Ich tvorba si vyžaduje vzhľadom na rozsiahlosť legend KP, a z toho vyplývajúce veľké množstvo možných zmien, špecifický prístup, pri ktorom sú zdôrazňované len vybrané aspekty zmien. Ukážky špecifických vizualizácií uvedené v príspevku predstavujú len obmedzený výber možného znázornenia zmien KP, pričom pri ich tvorbe sa využila predovšetkým agregácia zmien KP na základe ich vybraných vlastností zadefinovaných v súlade s účelom štúdia zmien. Predpokladom na tvorbu takýchto vizualizácií je využitie geoinformačných technológií, ktoré umožňujú úzko prepojiť nástroje na priestorové analýzy s nástrojmi na znázorňovanie priestorových dát a tak flexibilne vytvárať vizualizácie podľa potrieb používateľov.

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením projektu „Identifikácia a hodnotenie zmien krajiny aplikáciou údajov diaľkového prieskumu Zeme, databáz CORINE land cover a geo-

Literatúra

- BOLTŽIAR, M. (2004). Spálenisko pod Slavkovským štítom – zmeny krajinej štruktúry v rokoch 1949-2003 s využitím výsledkov DPZ a GIS. *Geografické informácie*, 8, s. 57-68.
- CEBECAUER, T., CEBECAUEROVÁ, M. (1999). Vizualizácie databázy zmien krajinej pokrývky. *Geoinfo*, 6, s. 26-27.
- CEBECAUEROVÁ, M. (2004). *Analýza a hodnotenie zmien štruktúry krajiny (na príklade časti Borskej nížiny a Malých Karpát*. Dizertačná práca. Geografický ústav SAV (Bratislava).
- CEBECAUEROVÁ, M., CEBECAUER, T. (2004). Vývoj krajinej pokrývky v južnej časti Záhorskej nížiny a Malých Karpát v období 1954-1992. *Geografické informácie*, 8, s. 69-76.
- FERANEC, J., CEBECAUEROVÁ, M., CEBECAUER, T., HUSÁR, K., OŤAHEL, J., PRAVDA, J., ŠŪRI, M. (1997). Analýza zmien krajiny aplikáciou údajov diaľkového prieskumu zeme. *Geographia Slovaca*, 13. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- FERANEC, J., OŤAHEL, J. (1999). Mapovanie krajinej pokrývky metódou CORINE v mierke 1:50 000: návrh legendy pre krajiny programu Phare. *Geografický časopis*, 51, s. 19-44.
- FERANEC, J., ŠŪRI, M., OŤAHEL, J., CEBECAUER, T., KOLÁŘ, J., SOUKUP, T., ZDEŇKOVÁ, D., WASZMUTH, J., VAJEDA, V., VIJDEA, A. and NITICA, C. (2000). Inventory of major landscape changes in the Czech Republic, Hungary, Romania and Slovak Republic 1970s – 1990s. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2, pp. 129-139.
- HEYMANN, Y., STEENMANS, Ch., CROISILLE, G., BOSSARD, M. (1994). *CORINE land cover*. Technical guide. Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg.
- PÁTIKOVÁ, A. (1999). Minulosť na digitálnych mapách. Územný rozvoj Bratislavy v rokoch 1949-1997. *Geoinfo*, 6, s. 30-32.
- OŤAHEL, J., FERANEC, J., PRAVDA, J., HUSÁR, K., CEBECAUER, T., ŠŪRI, M. (2000). Prírodná (rekonštruovaná) a súčasná krajinná štruktúra Slovenska hodnotená využitím bázy údajov CORINE land cover. *Geographia Slovaca*, 16. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- OŤAHEL, J., FERANEC, J., CEBECAUER, T., HUSÁR, K. (2003). Mapovanie zmien krajinej pokrývky aplikáciou databázy CORINE Land Cover (na príklade okresu Skalica). *Kartografické listy*, 11, s. 61-73.

S u m m a r y

Specific visualizations of land cover changes as a tool of landscape cognition

The paper reflects some of the specific visualisations of land cover changes as the appropriate tool of landscape cognition and a very effective way of spatial analyses. The aims of this paper are to describe basic approaches to visualization of land cover changes and present some examples of visualizations prepared for spatial localization of realised land cover changes in the study area (of the southern part of Záhorská nížina lowland and Malé Karpaty mountains) during period 1954-1992. The analysis of the land cover changes was based on comparison of databases representing the state of the land cover for three years: 1954, 1979 and 1992. By comparison and integration of these databases, mutual changes among the classes in the form of contingency table and maps of changes were derived. The mutual relations among the classes described on the basis of statistical characteristics of area extent may reveal the important aspect of changes but without their spatial localization. In order to describe the spatial distribution of changes and subsequent use of such information in interpretation, it is also appropriate to complement analysis of contingency tables by construction of map of changes. The aim of construction of these visualizations is the localization of changes, their interpretation in the context of surroundings as well as analysis of their contents.

As the number of classes of land cover nomenclatures is usually high, it is not feasible to present all combinations of the land cover classes that are the results of integration of databases for two and more time horizons. The issue, how to represent a high number of changes in the form that is reasonable for the potential readers of visualizations, has been solved by different approaches. The simplest way is to present databases for each time horizon independently and compare them visually. This approach does not allow readers to identify precisely all the changes and requires a lot of effort to extract the information regarding changes. Therefore there is a need to directly present the changes of land cover and highlight some important features of these changes. This task may be accomplished by aggregation of the different land cover changes, using the application driven criteria emphasizing the desired aspects of changes. Using this approach the visualizations of land cover changes presented in this paper were created. Another way how to process and present the land cover changes in a concise form is the spatial aggregation using the regular (grid) or irregular (e.g.

catchments, districts) network of spatial units. For each spatial unit the required characteristics of land cover changes are determined from changes database. This approach allows integration and presentation of land cover changes for larger spatial units and also to analyse the spatial structure of the changes.

The first proposed visualization – maps of changes (Fig. 1-7) provides a complete information about the origin and new spatial landscape arrangement, they fully preserve the qualitative and quantitative nature of information in the spatial context. Land cover change maps consist of pairs of complement maps where one of them expresses the original structure with identification of areas which were changed (or disappeared) during the study period and the other reflects the new landscape structure with highlighting the new areas of individual classes. Such visualization of land cover changes complements the analysis of changes identified by application of statistical data obtained by comparison of the land cover maps and facilitates precise location and discrimination of the changed territory from the stable one. The work with the lower hierarchic level itemises and sophisticates the change analysis and it is more demanding in terms of their enlightenment and further application of obtained information.

Another visualization is focused on hierarchy of the land cover changes (Fig. 8). The hierarchic nature of the legend of land cover classes respecting the division of classes starting by general ones at the top level to the specific ones at the lowest level allows for differentiation of identified changes in relation to the level, at which they took place. The analysed principal trends of the development of territory then correspond to changes that took place at the 1st or 2nd levels. In general, changes studied at the top hierarchic level reflect transformation of the landscape in the context of social development; changes at the lowest level are often initiated by local decisions with the local effect (but they can significantly influence properties of the landscape structure, e.g. the share of dispersed vegetation within agricultural landscape influences the landscape ecological quality).

All changes realised during the period 1954 – 1979 – 1992 were further classified according to types of development of individual areas. There were identified 5 types of development of area from stable areas to those that were changed in both periods. Visualization of these types of development (Fig. 9) reveals parts of landscape that were under dynamic transformations and places where original land cover class from year 1954 were renewed in the year 1992.

Fig. 1 1954 (1st hierarchic level) – state and subsequent changes with regard to 1979

Fig. 2 1979 (1st hierarchic level) – state and realised changes with regard to 1954

Fig. 3 Change at the 1. hierarchic level – 1954 (pattern) a 1979 (colour)

Fig. 4 1954 (2nd hierarchic level) – state and subsequent changes with regard to 1979

Fig. 5 1979 (2nd hierarchic level) – state and realised changes with regard to 1954

Fig. 6 Changes of selected class (1. and 2. level), 1954 – state and subsequent changes with regard to 1979

Fig. 7 Changes of selected class (1. and 2. level), 1979 – state and realised changes with regard to 1954

Fig. 8 Hierarchy of the land cover changes (1954 – 1979)

Fig. 9 Types of development of areas during the period 1954 – 1979 – 1992

Lektoroval:

RNDr. Martin BOLTÍŽIAR

Ústav krajinnej ekológie SAV, Bratislava