

# Možnosti využitia údajov diaľkového prieskumu Zeme pri výskume krajiny

Feranec, J., OĎahel, J., Kopecká, M., Pazúr, R.: Applicability of Remote Sensing Data in Landscape Research. *Životné prostredie*, 2013, 47, 1, p. 19 – 23.

*Remote sensing data (RSD) represented by aerial and satellite images are used for the recognition of landscape both in analogue and digital forms. Information potential of these data makes it possible to obtain the physiognomic (appearance, shape, size, etc.) and biophysical (x, y – planimetric location, z – topographic/bathymetric elevation, colour and spectral signature, vegetation absorption, vegetation biomass, vegetation moisture content, soil moisture content, temperature of surface objects, texture of surface) characteristics of landscape objects. Such information may be obtained from RSD by the radiometric and geometric corrections and congruence with, for instance, the existing maps and to derive the thematic content by means of interpretation techniques. An important condition for acquisition of information from RSD is the cognition and comprehension of their spatial, spectral, radiometric and temporal resolution capacities. The demonstrated information potential of the RSD greatly contributes to the cognition of landscape as an integrated system via analysis of its elements, subsystems (landscape layers) and landscape as a whole. Application of the CORINE Land Cover data obtained by interpretation of satellite images to the European land cover identification, changes of land cover, identification and assessment of landscape diversity and in modeling of farmland abandonment is demonstrated on examples.*

*Key words: remote sensing data, landscape, land cover, land cover change, landscape diversity, abandonment of farmland*

Podstatná časť údajov využívaných pri výskume krajiny sa získava najmä pozorovaním alebo meraním priamo v teréne. Zaznamenávajú sa do topografických máp rôznych mierok, tabuliek a pod., ako aj meracími zariadeniami, ktoré sú v priamom kontakte so skúmanými objektmi.

Metódy diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) sú založené na inom princípe – snímacie zariadenie je vzdialené od skúmaných objektov desiatky metrov až tisícky kilometrov. Zaznamenáva elektromagnetickú radiáciu odrazenú alebo vyžiarenú objektmi zemského povrchu. Zmeny v množstve a vlastnostiach elektromagnetickej radiácie sa stávajú cenným zdrojom poznania vlastností sledovaných objektov (Haefner, 1987; Feranec, 1990).

Z údajov DPZ sa interpretáciou získavajú najmä informácie o fyziognomických aspektoch krajiny, ktoré sú aplikovateľné v procese tvorby tematických máp (napr. o využití krajiny a krajinskej pokrývke). Tieto údaje však majú rozsiahlejší informačný potenciál, reprezentovaný špecifickými kvantitatívnymi (korektno merateľnými) charakteristikami – parametrami objektov krajiny, ktoré Jensen (1983) označil ako biofyzikálne premenné. V citovanej práci je uvedených deväť premenných: planimetrická poloha (x, y), topograficko-batymetrická výška (x, y, z), farba a spektrálny príznak objektov, vegetačná absorpcia, vegetačná biomasa, obsah vody vo vegetácii, obsah vody v pôde, povrchová teplota objektov a textúra povrchu. Treba zdôrazniť, že atrahovanie (získanie) informácií o uvedených pa-

rametroch krajiny vyžaduje uskutočniť s údajmi DPZ:

- rádiometrickú a geometrickú korekciu s cieľom odstránenia šumových vplyvov;
- kongruenciu (zosúladienie), napr. s existujúcimi mapami alebo ďalšími údajmi, čo vytvorí objektívne podmienky na porovnanie s výsledkami synchronných terénnych meraní a pod.;
- atrahovanie tematických informácií pomocou techník interpretácie (Feranec, 1990).

Ďalšou dôležitou podmienkou pre získanie tematických informácií z údajov DPZ je poznanie a pochopenie ich rozlišovacích schopností – priestorovej, spektrálnej, rádiometrickej a temporálnej (Haefner, 1987; Feranec, 1990):

1. *Priestorová rozlišovacia schopnosť* – určuje veľkosť najmenšieho objektu zemského povrchu identifikovateľného na aerokozmickej snímke alebo obrazovom zázname. Vyjadruje sa v centimetroch, metroch, kilometroch a pod. (napr. ak chceme identifikovať polohu stromov v intraviláne, minimálna akceptovateľná priestorová rozlišovacia schopnosť údajov DPZ by mala byť polovica priemeru najmenšej koruny stromu, vyskytujúceho sa na snímanom území).
2. *Spektrálna rozlišovacia schopnosť* – určuje spektrálny rozsah (počet spektrálnych pásem – kanálov snímacieho zariadenia a ich šírku), v ktorom sú aerokozmické snímky a obrazové záznamy urobené. Je vyjadrená šírkou spektrálneho pásma – intervalom vlnovej dĺžky  $\lambda$  (napr. pri panchromatických čier-

nobielych snímkach  $\lambda = 0,4 - 0,7 \mu\text{m}$  a pod.).

3. *Rádiometrická rozlišovacia schopnosť* – určuje počet úrovní (stupňov sivej farby) alebo radiačných hodnôt obrazových prvkov (pixlov), rozlíšiteľných na aerokozmických snímkach a obrazových záznamoch (napr. radiačný tok zaznamenaný skenerom *Thematic Mapper* satelitu *Landsat* je zaznamenaný v hodnotách 0 – 255 pre každý obrazový prvok). Intenzita sivej farby na snímkach sa vyjadruje ako D – denzita (meria sa pomocou denzitometrov).
4. *Temporálna rozlišovacia schopnosť* – určuje termín získania snímky alebo obrazového záznamu, prípadne frekvenciu ich opakovaného získania (napr. 3-, 16-, 26-dňové intervaly a pod.).

Charakterizované rozlišovacie schopnosti dokumentujú základný informačný potenciál údajov DPZ. Porovnanie vzťahu medzi požiadavkami na informácie o krajine a rozlišovacími schopnosťami údajov DPZ poskytne geografom, krajinným ekologom a ďalším odborníkom prehľad, ktoré informácie môžu získať zo snímok a obrazových záznamov. Detailnejšia charakteristika tohto procesu je uvedená napr. v prácach Feranec (1990) a Adams, Gillespie (2006).

### Poznávanie krajiny: koncept, údaje a nástroje

Poznávanie krajiny ako integrovaného systému je možné prostredníctvom analýzy jej prvkov a ich relevantných vzťahov, ďalej cez analýzu subsystémov (rozhodujúcich fundamentov – vrstiev krajiny), až po analýzu krajiny ako celku, holistického vnemu (obrazu), zaznamenaného personálnym vnímaním alebo technickými nástrojmi. K analýze prvkov, subsystémov, ale aj vnemu, sú potrebné podklady – záznamy. Od ich profesionálnej alebo vedeckej korektnosti závisí aj kvalita, presnosť a spoľahlivosť analýzy a identifikácia krajiny.

Poznávanie prírodného subsystému má, hlavne v stredoeurópskom priestore, tradičné postupy v rámci geoekologického výskumu krajiny. Jeho základným výstupom je geoekologická mapa, zaznamenávajúca priestorové geoekologické jednotky (geosystémy) podľa relatívne homogénneho obsahu prvkov a vlastností, ktorých homogenita je výsledkom vzájomných interakcií. Predpokladom dôkladného poznania krajiny sú priestorové analýzy a mapové záznamy jednotlivých prvkov a vlastností. Finalizáciou tohto poznania je rozlíšenie, identifikácia a vyčlenenie homogénnych geoekologických areálov podľa relevantných, interagujúcich prvkov (predovšetkým reliéfu, substrátu, pôdy a vegetácie) a ich interpretácia pomocou regionálnej taxonómie.

Prírodný subsystém sa priestorovo preukázateľne diferencuje podľa morfológických a morfometrických vlastností reliéfu a vegetačnej pokrývky. Tieto vlastnosti sa dajú efektívne analyzovať (merať) pomocou digitálneho modelu reliéfu (DMR) a nástrojov geogra-

fických informačných systémov (GIS), ktoré využívajú údaje DPZ (ortofotomapy a satelitné záznamy), prípadne doplnkové údajové zdroje bodového, líniového alebo areálového charakteru. Vlastnosti prírodného subsystému krajiny však spoločnosť modifikovala a zmenila do subsystému humanizovanej vrstvy krajiny – do kultúrnej krajiny s početnými sídelnými a technizovanými objektmi (umelými povrchni). Ako identifikovať tento reálny stav krajiny, ktorý sa neustále mení?

Satelitné aj letecké snímky, spolu s doplnkovými údajmi a informáciami, prispievajú ku kreovaniu syntézy, k formovaniu a rešpektovaniu holistickej koncepcie krajiny. Integráciu vzhľadových a obsahových kvalít krajiny predstavili Snacken, Antrop (1983) práve prostredníctvom vizuálnej interpretácie leteckých snímok. Seger (1989) uvádza analýzu snímky (*photo reading*) s touto postupnosťou: pochopenie základných interpretačných znakov fotografie (tvar, farba, textúra, veľkosť atď.), pochopenie priestorovej diferenciacie objektov na nej znázornených (opakovateľnosť, pattern) a pochopenie obsahového významu (súvislosť s polohovými a krajinnými typmi). Posledný krok súvisí s tzv. asociačným kontextom, ako najvyšším stupňom vizuálnej interpretácie obrazu, daným individuálnymi schopnosťami, dostupnými údajovými zdrojmi, skúsenosťami a vedomosťami interpretátora.

Možným východiskom poznania reálneho stavu krajiny prostredníctvom jeho vzhľadových a obsahových kvalít je analýza krajinnnej pokrývky (*land cover*), objektov biofyzikálnej podstaty. Krajinná pokrývka predstavuje zhmotnený priemet prírodných priestorových daností (morfopolohových a bioenergetických) a zároveň súčasného využívania krajiny, t. j. spoločnosťou, resp. človekom pretvorenej (kultivované objekty) alebo vytvorenej (umelé objekty) krajiny (Feranec, Ořaheř, 2001). Jej prejav sa na zemskom povrchu diferencuje predovšetkým svojím vzhľadom a morfoštruktúrnymi vlastnosťami. Uvedené znaky sú zaznamenané práve prostredníctvom údajov DPZ a umožňujú identifikovať reálny fyzický stav krajiny vo vybraných časových horizontoch. Identifikované prírodné, modifikované a vytvorené (umelé) objekty možno prostredníctvom DMR a nástrojov GIS spracovať v priestorových modeloch a analyzovať z hľadiska vizuálnych, environmentálnych a spoločensko-ekonomických funkcií.

### Údaje DPZ – zdroj informácií o využití krajiny/krajinnej pokrývky

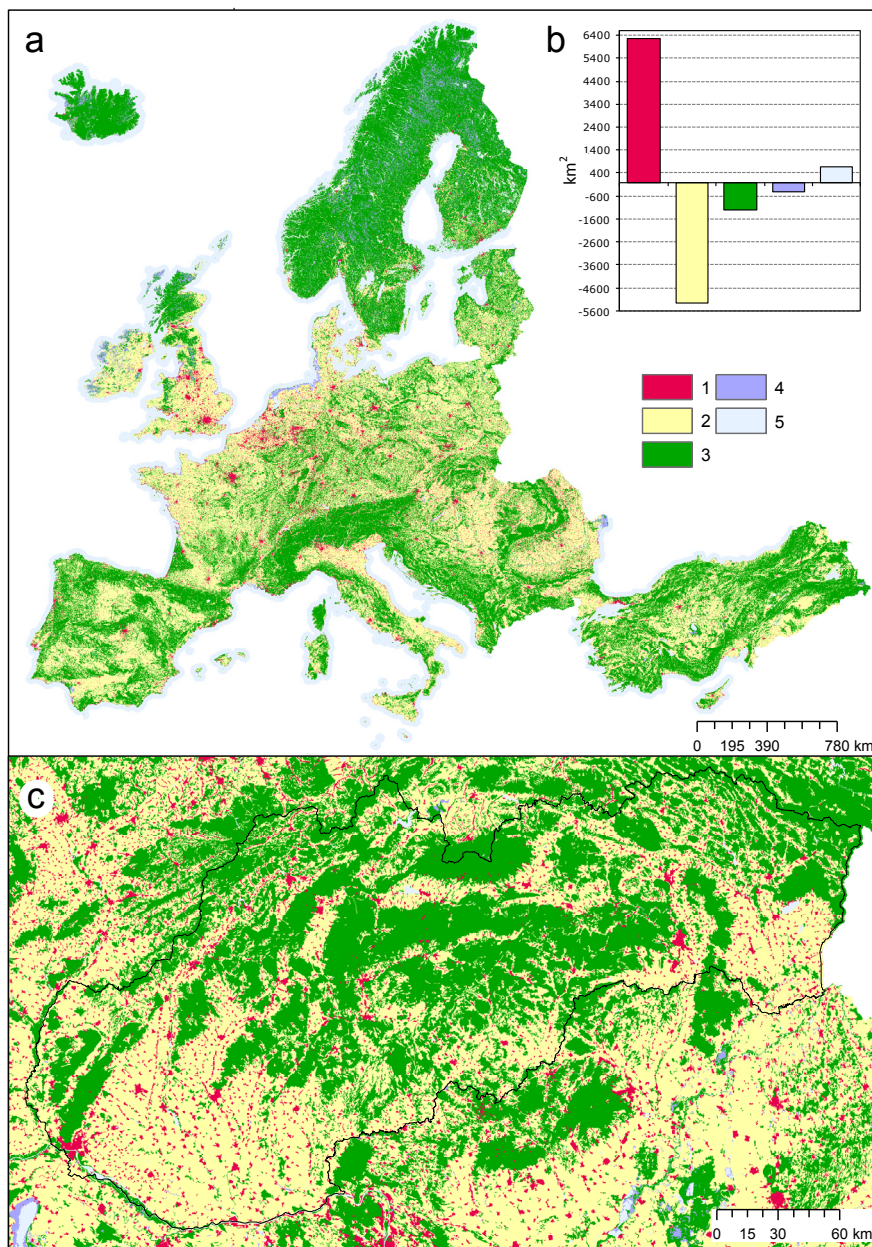
Poznanie rozšírenia a dynamiky využitia krajiny/krajinnej pokrývky je rozhodujúce pre lepšie chápanie základných charakteristík procesov, ale aj diverzity rastlinných a živočíšnych druhov, ďalej biogeochemických a hydrologických cyklov na Zemi a pod. (Giri, 2012). Preto existuje veľa národných a medzinárod-



ných programov orientovaných na získavanie aktuálnych informácií o komplexnom využití krajiny/krajinnej pokrývky. Možno spomenúť *CORINE Land Cover* (CLC, vytvorenie digitálnej bázy údajov o krajinnej pokrývke Európy), *National Land Cover Dataset* (NLCD, vytvorenie údajových vrstiev charakterizujúcich krajinnú pokrývku USA), *Integrated Global Observations of Land* (IGOL, monitorovanie vplyvu spoločnosti na krajinu a opačne, s cieľom napr. určiť rozsah ročného odlesnenia a zmien využitia krajiny na Zemi) a pod.

Pre identifikáciu, analýzu a hodnotenie krajiny a krajinnej pokrývky a ich zmien poskytujú údaje DPZ niekoľko predností, zvlášť aktuálnosť a presnosť (zemský povrch je snímaný viacerými satelitmi, prostredníctvom nich zaznamenané údaje sú veľmi aktuálnym zdrojom informácií o využití krajiny/krajinnej pokrývky, od lokálnej až po globálnu mierku), ale aj temporálny aspekt (ich opakované získavanie v pravidelných, obvyčajne v niekoľkodňových intervaloch) a operatívna dostupnosť. Nakoľko pravidelné poskytovanie satelitných snímok začalo v roku 1972, už vyše 40 rokov sú vytvorené predpoklady na poznávanie zmien využitia krajiny/krajinnej pokrývky na Zemi. Digitálna forma snímok umožňuje ich rýchle počítačové spracovanie využívajúce najmä fyziognomické, spektrálne, ale aj texturálne znaky objektov krajiny. Na sledovanie využitia krajiny pomocou údajov DPZ však existujú obmedzenia, pretože funkčné atribúty objektov krajiny sú na snímkach priamo neidentifikovateľné (napr. rekreačná funkcia lesa, funkčné využitie rôznych budov a pod.). Kombinácia satelitných snímok s leteckými snímkami, tematickými mapami a údajmi získanými terénnym prieskumom môže tento nedostatok čiastočne odstrániť.

Ako príklad možno uviesť údaje CLC získané interpretáciou satelitných snímok (podporenej aj leteckými snímkami, tematickými mapami a terénnym prieskumom) pre roky 1990, 2000 a 2006 (rok 2012 sa



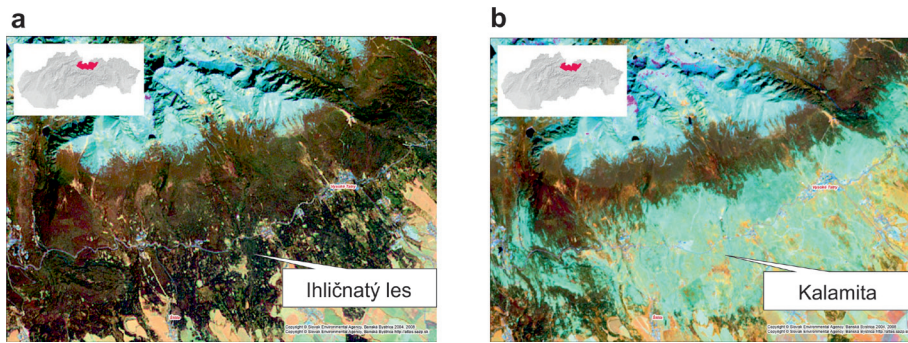
Obr. 1. Krajinná pokrývka Európy (a – stav v roku 2006, b – zmeny v období 2000 – 2006) a Slovenska (c – stav v roku 2006) podľa údajov CLC prvej hierarchickej úrovne. Zdroj: Európska environmentálna agentúra

Vysvetlivky: Triedy krajinnej pokrývky: 1 – urbanizované a technizované areály, 2 – poľnohospodárske areály, 3 – lesné a poloprirodné areály, 4 – zamokrené areály, 5 – vody

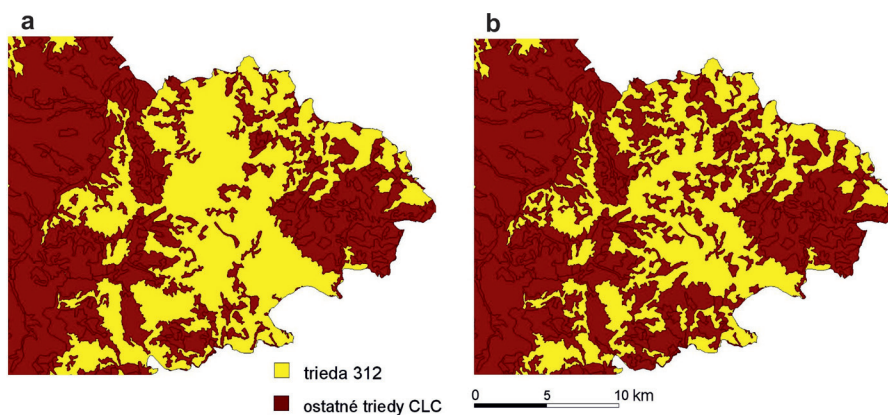
spracováva), ktoré sú dôležitým zdrojom informácií prispievajúcich k poznaniu vývoja štruktúry krajiny na celoeurópskej, ale aj národnej úrovni (obr. 1).

#### Údaje DPZ – zdroj informácií o diverzite krajiny

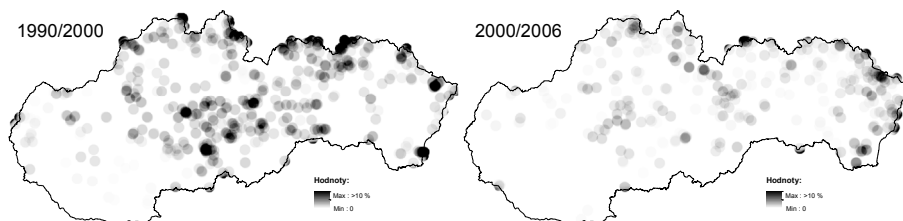
V súvislosti s čoraz častejšie spomínanou problematikou ohrozenia biodiverzity na rôznych hierarchických úrovniach a princípmi trvalo udržateľného rozvoja sa zvyšuje záujem o sledovanie zmien štruktúry krajiny, ktorú reprezentuje priestorové usporiadanie



Obr. 2. Príklad úbytku lesa v okolí Starého Smokovca vo Vysokých Tatrách na satelitných snímkach: a – stav v roku 2000, b – stav v roku 2006 po kalamite z roku 2004. Zdroj: upravené podľa Kopecká, Nováček (2009)



Obr. 3. Detail fragmentácie ihličnatých lesov (CLC – trieda 312) v oblasti Levočských vrchov: a – stav v roku 1990, b – stav v roku 2000. Zdroj: Kopecká (2006)



Obr. 4. Fokálny priemer výskytu pustnutia poľnohospodárskej pôdy v obdobiach 1990 – 2000 a 2000 – 2006. Zdroj: údaje CLC 1990, 2000 a 2006 – Európska environmentálna agentúra

Vysvetlivky: Kruhová značka na mape znázorňuje priemerný výskyt lokalít pustnutia poľnohospodárskej pôdy v rámci kruhu s polomerom 5 000 metrov, pričom intenzita sivej farby znázorňuje nárast podielu spustnutých areálov.

tried krajinej pokrývky. Na kvantitatívne vyjadrenie diverzity krajiny sa využívajú viaceré indexy, pomocou ktorých možno hodnotiť základné aspekty krajinej štruktúry (Kopecká, 2011):

- kompozíciu krajiny (zastúpenie rozdielnych typov krajinej pokrývky);
- konfiguráciu krajiny (spôsob usporiadania areálov rovnakých alebo odlišných typov krajinej pokrývky).

Dôležitú úlohu zohráva najmä veľkosť, tvar a spôsob priestorového usporiadania prvkov krajinej štruktúry, ktoré je možné hodnotiť pomocou kvantitatívnych metód (napr. Riitters et al., 2002; McGarigal, Marks, 1995). Vstupné údaje získané metódami DPZ zohrávajú v procese hodnotenia diverzity krajiny kľúčovú úlohu (obr. 2).

Jednou z najzávažnejších zmien krajinej štruktúry je fragmentácia prirodzených biotopov, ktorú môžeme definovať ako rozpad pôvodne súvislého areálu na menšie územné jednotky (fragmenty) rôzneho tvaru a veľkosti, navzájom oddelené iným typom areálu. V štúdiu od autorov Skole, Tucker (1993) je hodnotená miera fragmentácie v oblasti tropických amazonských pralesov pomocou satelitných údajov z rokov 1978 a 1988. Fragmentácia spôsobuje zväčšenie rozlohy okrajových biotopov vo vzťahu k vnútornej rozlohe prirodzených ekosystémov. Nová hranica biotopu do určitej vzdialenosti ovplyvňuje ekologické podmienky (napr. mikroklimatické pomery) a môže zvýšiť riziko prírodných hrozieb alebo napríklad dostupnosť viacerých predátorov, parazitov a pod. Izolácia fragmentov sa prejavuje aj priestorovou separáciou populácií, čo znevažuje genetickú výmenu, najmä u druhov s obmedzenými migračnými schopnosťami. Dôsledkom tohto javu je zrýchľujúca sa degenerácia

a vymieranie niektorých populácií. Riitters et al. (2002) na základe štúdií viacerých autorov konštatujú, že zmeny v rozlohe lesov a ich zvýšená fragmentácia môžu ovplyvniť 80 až 90 % všetkých cicavcov, plazov, vtákov a obojživelníkov.

Práve údaje CLC sú cenným zdrojom informácií aj na hodnotenie fragmentácie krajiny. Ukážku ich využitia na hodnotenie fragmentácie lesa v období 1990 – 2000 dokumentuje obr. 3.



## Modelovanie pustnutia poľnohospodárskej krajiny

Modelovanie rôznych charakteristík krajiny (napr. výskyt povodní, vznik lavín, predikcia zmien krajiny pokrývky a pod.) je založené najmä na ich abstrakcii využitím vybraných štatistických modelov, ktorých podstatu tvoria parametrické alebo neparametrické regresné funkcie. Výskum v tomto kontexte vyžaduje vysokú odbornosť v prípravnej (príprava a zjednocovanie údajov, zhodnotenie ich presnosti), analytickej (výber a aplikácia vhodných metód), ako aj v evaluačnej fáze (vyhodnotenie výsledkov a ich interpretácia).

Jednou z oblastí, kde možno modelovanie aplikovať, je aj identifikácia pustnutia poľnohospodárskej pôdy. Analýzou údajov CLC1990, CLC2000 a CLC2006 možno zistiť, že pustnutie poľnohospodárskej pôdy reprezentuje jeden z najvýznamnejších dynamických procesov v dnešnej vidieckej krajine. Ide o zmenu tradičného alebo nedávneho poľnohospodárskeho využitia krajiny smerom k menej produktívnej a menej intenzívnej forme (Baundry, 1991) alebo o zastavenie jej akéhokoľvek využívania (Sluiter, de Jong, 2006). Identifikáciu areálov, resp. zmien lokalizácie pustnutia poľnohospodárskej pôdy na národnej úrovni možno uskutočniť použitím údajov CLC. Ako hypotetické areály pustnutia poľnohospodárskej pôdy sú pritom klasifikované vybrané transformácie ornej pôdy na lúky a pasienky, kroviny a lesy a transformácie lúk a pasienkov na kroviny a lesy (obr. 4). Napríklad v rokoch 1990 – 2006 sa vyššia pravdepodobnosť výskytu spája s lokalitami s nižšou pôdnou kvalitou, vysokým množstvom zrážok, výrazným sklonom a výraznou vzdialenosťou od obcí. Hodnoty pravdepodobnosti možno získať pomocou spomínaných regresných metód a ich presnosť vyjadruje počet správne modelovaných lokalít pustnutia vzhľadom na reálny stav.

\* \* \*

Dokumentované charakteristiky údajov DPZ, ako aj ukážky vybraných aplikácií, jednoznačne poukazujú na šírku informačného potenciálu týchto údajov pre poznávanie krajiny. Zvlášť cenné sú možnosti získania temporálnych, kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov o objektoch krajiny, ktoré rozširujú a exaktizujú informačnú bázu potrebnú na simulovanie procesov prebiehajúcich v krajine na rôznych hierarchických úrovniach a v rôznych časových horizontoch (Feranec, 1990). Treba zdôrazniť, že GIS precizuje, urýchľuje a sprístupňuje informačný potenciál údajov DPZ všetkým sféram záujmu, pretože tieto údaje spracováva do graficky výpovedných, užívateľsky efektívnych a vedecky verifikovateľných výsledkov.

*Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením vedeckého projektu č. 2/0006/13 Zmeny kultúrnej krajiny: analýza*

*procesov rozširovania zástavby a pustnutia poľnohospodárskej pôdy aplikáciou databáz o krajinej pokrývke na Geografickom ústave SAV za podpory grantovej agentúry VEGA.*

## Literatúra

- Adams, B. J., Gillespie, R. A.: Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images. A Physical Modeling Approach. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, 362 p.
- Baundry, J.: Ecological Consequences of Grazing Extensification and Land Abandonment: Role of Interactions between Environment, Society and Techniques. Land Abandonment and its Role in Conservation. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 1991, p. 13 – 14.
- Feranec, J.: Údaje získané metódami diaľkového prieskumu Zeme – zdroj geografických informácií. Geodetický a kartografický obzor, 1990, 36/78, 1, s. 9 – 11.
- Feranec, J., Oťaheľ, J.: Krajinná pokrývka Slovenska. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2001, 124 s.
- Giri, P. Ch.: Brief Overview of Remote Sensing of Land Cover. In: Giri, P. Ch. (ed.): Remote Sensing of Land Use and Land Cover. Principles and Application. Boca Raton: CRC Press, 2012, p. 3 – 12.
- Haefner, H.: Fernerkundung und geographie-thematische, methodische und technische Perspektive. Erdkunde, 1987, 41, 3, p. 169 – 182.
- Jensen, J. R.: Biophysical Remote Sensing. Annals of the Association of American Geographers, 1983, 73, 1, p. 111 – 132.
- Kopecká, M.: Krátkodobé zmeny v krajinej štruktúre vo vybraných regiónoch Slovenska. Geografická revue, 2006, 2, 2, s. 147 – 158.
- Kopecká, M.: Indikátory hodnotenia diverzity krajiny. Životné prostredie, 2011, 45, 4, s. 198 – 202.
- Kopecká, M., Nováček, J.: Natural Forest Fragmentation: An Example from the Tatra Region, Slovakia. Land Use/Cover Changes in Selected Regions in the World. Volume V. Asahikawa: Institute of Geography, Hokkaido University of Education, International Geographical Union Commission on Land Use/Cover Change, 2009, p. 51 – 56.
- McGarigal, K., Marks, B.: FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Portland: United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995, 122 p.
- Riitters, K. H., Wickham, J. D., O'Neil, R. V., Jones, K. B., Smith, E. R., Coulston, J. W., Wade, T. G., Smith, J. H.: Fragmentation of Continental United States Forests. Ecosystems, 2002, 5, p. 815 – 822.
- Seger, M.: Landnutzungsanalyse aufgrund einer Farbinfrarot-Orthophotokarte. Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 1989, 131, p. 5 – 26.
- Skole, D., Tucker, C.: Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988. Science, 1993, 260, p. 1905 – 1909.
- Sluiter, R., de Jong, S. M.: Spatial Patterns of Mediterranean Land Abandonment and Related Land Cover Transitions. Landscape Ecology, 2006, 22, 4, p. 559 – 576.
- Snacken, F., Antrop, M.: Structure and Dynamics of Landscape Systems. In: Drdoš, J. (ed.): Landscape Synthesis. Geocological Foundations of the Complex Landscape Management. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 1983, p. 10 – 30.

**Doc. RNDr. Ján Feranec, DrSc.,** [feranec@savba.sk](mailto:feranec@savba.sk)

**Prof. RNDr. Ján Oťaheľ, CSc.,** [otahel@savba.sk](mailto:otahel@savba.sk)

**RNDr. Monika Kopecká, PhD.,** [geomari@savba.sk](mailto:geomari@savba.sk)

**Mgr. Róbert Pazúr, PhD.,** [geogpazu@savba.sk](mailto:geogpazu@savba.sk)

**Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava**