

Mapovanie krajinnej pokrývky a zmien krajiny pomocou údajov diaľkového prieskumu Zeme

J. Feranec, J. Oťaheľ: Land Cover and Landscape Changes Mapping by Application of Remote Sensing Data. Život. Prostr., Vol. 37, No. 1, 25 – 29, 2003.

A brief characteristic of remote sensing data is presented, pointing to advantages of obtaining the actual and spatial information on landscape objects. The effectiveness of remote sensing data is documented on a set of projects dedicated to land cover mapping at various scales. Land cover is a physical state of the contemporary landscape, as represented by natural and man-modified and created objects. It is simultaneously a good indicator of the present state of land use. From this aspect the most important project was creation of the Land Cover database of Slovakia at the scale 1:100 000 by the CORINE Land Cover mapping method. Following the other projects are described, such as creating the land cover map of Slovakia at scale 1:500 000, mapping the landscape changes of the 1970's – 1990's in four Phare countries and creating of the land cover (habitat types) map of the Morava river floodplain at large scale.

Napĺňanie požiadaviek na presnosť, aktuálnosť a operatívnosť získavania informácií o objektoch zemského povrchu umožňujú, okrem iného, údaje diaľkového prieskumu Zeme (DPZ), reprezentované najmä leteckými a satelitnými snímkami. Ich interpretáciou možno získať informácie, ktoré sú konvenčnými terénnymi meraniami a mapovaním takmer nedosiadateľné (obzvlášť z hľadiska možnosti sledovania rozsiahlych území v rovnakom čase, ako aj prostredníctvom jednej fyzikálnej veličiny – elektromagnetickej radiácie a opakovane vo vhodne zvolených termínoch). Vzhľadom na uvedené prednosti sa stali údaje DPZ rozhodujúcim zdrojom informácií aj pre mapovanie krajinnej pokrývky a zmien krajiny v lokálnom, regionálnom, ale aj v globálnom (napr. celoeurópskom až celosvetovom) meradle.

Cieľom príspevku je poskytnúť stručnú charakteristiku údajov DPZ a dokumentovať výsledky mapovania krajinnej pokrývky a zmien krajiny Slovenska aplikáciou leteckých, a najmä satelitných snímkov Landsat MSS (Multispectral Scanner) a TM (Thematic Mapper).

Charakteristika údajov DPZ

DPZ je súbor metód na získavanie informácií o objektoch zemského povrchu bez priameho kontaktu s nimi.

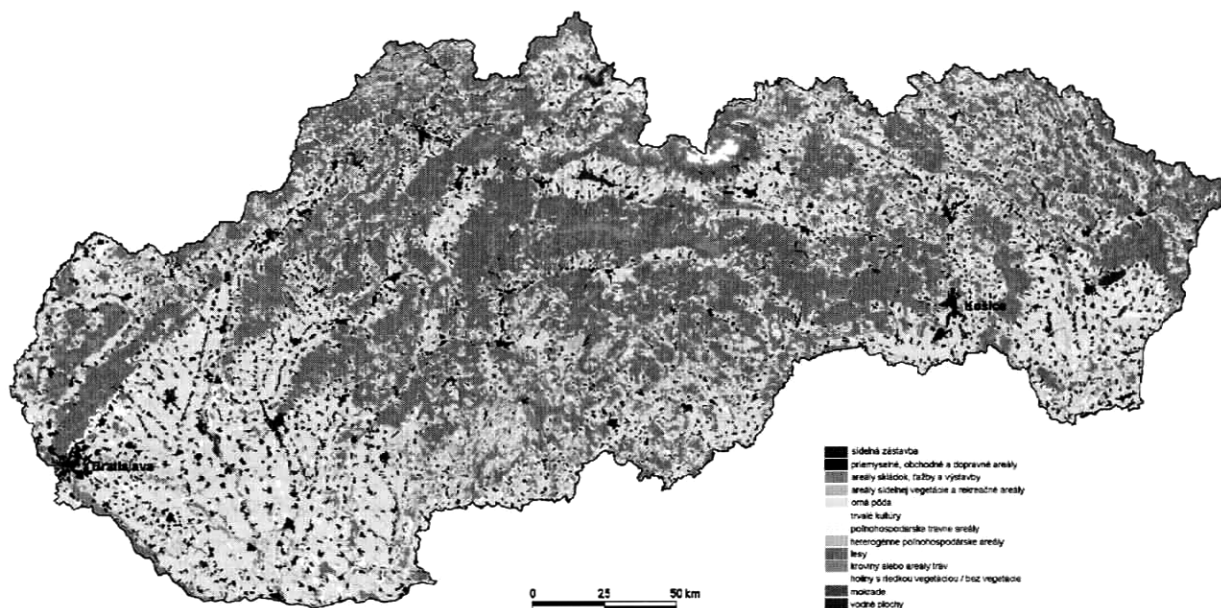
Tieto metódy využívajú rôzne snímacie zariadenia, najmä fotografické komory, riadkovacie rádiometre a radary, ktoré sú umiestnené na lietadlových alebo satelitných nosičoch a registrujú elektromagnetickej radiáciu odrazenú alebo vyžiarenú objektmi zemského povrchu. Zmeny v množstve a vlastnostiach elektromagnetickej radiácie sa stávajú cenným zdrojom poznania dôležitých vlastností sledovaných objektov.

Metódami DPZ je registrovaná elektromagnetickej radiácia v štyroch častiach spektra (Walford, 2001):

- viditeľnej alebo optickej (0,4 – 0,7 μm),
- blízkej (odrazenej) infračervenej (0,7 – 3,0 μm),
- termálnej infračervenej (3 – 14 μm),
- mikrovlnovej (5 – 500 mm).

Záznamom optickej a odrazenej infračervenej časti spektra (v príslušných vlnových rozsahoch) na rôzne citlivú emulznú vrstvu filmu vzniká fotografická snímka alebo videozáznam. Snímače tohto typu pracujú v súčasnosti najmä na palubách lietadiel.

Riadkovacie rádiometre, ktoré registrujú optickú, blízku infračervenú aj termálnu časť spektra, poskytujú digitálne obrazové záznamy zložené z obrazových prvkov (picture elements) – pixlov. Takéto snímače pracujú prevažne na palubách satelitov.



1. Krajinná pokrývka Slovenska znázornená triedami CLC 2. úrovne začiatkom 90. rokov

Informácie sa generujú zo snímok pomocou fotointerpretácie (vizuálnej – analógovej interpretácie) a z obrazových záznamov pomocou digitálnej interpretácie. V oboch prípadoch treba verifikovať získané informácie kontrolou v teréne alebo rôznymi terénnymi meraniami.

S rozvojom počítačových technológií a softvéru pre geografické informačné systémy (GIS) sa preniesla obrazová analýza z prostredia analógových prístrojov na obrazovku počítača. Heterogenita tried krajinej pokrývky, ktoré sú delimitované najmä na základe fyziognomických znakov, nedovoľuje však použiť iba počítačové analýzy satelitných obrazových záznamov. Preto sa v súčasnosti najčastejšie používa kombinácia analógových a digitálnych prístupov – počítačom podporovaná analógová interpretácia satelitných snímok a obrazových záznamov. Táto interpretačná technika sa používa aj pri súčasnom mapovaní krajinej pokrývky Európy (aj Slovenska) v rámci projektu CLC2000 (Feranec, Ofaheľ, 2001).

Mapovanie krajinej pokrývky Slovenska v rámci projektu CORINE Land Cover 1990 a 2000

Cieľom projektu CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover 1990 (CLC90) bolo vytvoriť tematickú vrstvu údajov o krajinej pokrývke Európy v mierke 1 : 100 000 pomocou satelitných obrazových záznamov Landsat TM a SPOT z 90. rokov. Kra-

jinná pokrývka predstavuje objekty zemského povrchu (prírodné, človekom pretvorené, ako aj človekom vytvorené) rôznej hierarchickej dimenzie (súvislá sídlňá zástavba, rodinný dom, zapojený listnatý les, línia stromov, strom), ktoré sú na obrazových záznamoch rozpoznateľné prostredníctvom fyziognomických (vzhľadových) a morfoštruktúrnych znakov. Ich identifikáciou sa získali informácie o polohe a rozlohe areálov 44 tried krajinej pokrývky Európy, z ktorých sa na Slovensku vyskytuje 31. Definície týchto tried sú publikované v prácach Heymann et al. (1994) a Feranec, Ofaheľ (2001). Legenda je rozdelená do 5 tried prvej úrovne: urbanizované a technizované areály, poľnohospodárske areály, lesné a poloprírodné areály, zamokrené areály a povrchové vody, ktoré sa ďalej členia do 15 tried druhej úrovne.

Tematická vrstva CLC90 Slovenska bola vytvorená vizuálnou interpretáciou obrazových záznamov Landsat TM z r. 1989 – 1992 a pri generovaní vrstvy CLC2000 sa používajú obrazové záznamy Landsat 7 ETM. Práce spojené s tvorbou vrstvy CLC2000 na Slovensku zabezpečuje Slovenská agentúra životného prostredia v Banskej Bystrici a Geografický ústav SAV v Bratislave.

Mapová prezentácia vrstvy CLC90 Slovenska bola publikovaná v mierke 1 : 500 000 (Feranec, Ofaheľ, 1996). Ukážku tejto databázy publikovanú v originálnej mierke 1 : 100 000 dokumentuje mapa Krajinná pokrývka, územie Zvolen – Detva – Krupina (Pravda a kol., 1998).

Tab. 1. Zmeny krajiny pokrývky Slovenska

Triedy krajiny pokrývky (2. úroveň legendy CORINE Land Cover)	70. roky		90. roky		Zmeny v 70. – 90. rokoch			
	polygóny		polygóny		zmenené polygóny		zmeny	
	počet	rozloha [ha]	počet	rozloha [ha]	počet	rozloha [ha]	v rámci jednotlivých tried [%]	z celkovej rozlohy [%]
Sídelná zástavba	2 695	215 839,1	2 702	222 975,7	7	7 136,6	3,3	3,1
Priemyselné, obchodné a dopravné areály	358	28 290,9	411	31 151,5	53	2 860,6	10,1	1,2
Areály skládok, ťažby a výstavby	106	6 240,1	117	10 177,2	11	3 937,1	63,1	1,7
Orná pôda	1 801	1 667 372,3	2 179	1 676 836,1	378	9 463,8	0,6	4,1
Trvalé kultúry	443	33 767,0	572	40 671,8	129	6 904,8	20,4	3,0
Poľnohospodárske trávne areály	2 612	236 299,2	2 653	229 794,4	41	6 504,8	2,8	2,8
Heterogénne poľnohospodárske areály	4 367	550 077,9	5 086	531 627,4	719	18 450,5	3,4	8,1
Lesy	1 567	2 022 083,7	4 617	1 932 510,5	3 050	89 573,2	4,4	39,1
Kroviny alebo areály tráv	921	96 747,9	2 106	179 322,9	1 185	82 575,0	85,4	36,0
Holiny s riedkou vegetáciou/bez vegetácie	53	12 218,2	97	12 454,3	44	236,1	1,9	0,1
Mokrade	64	4 345,7	64	4 896,9	0	551,2	12,7	0,2
Vodné plochy	132	21 889,7	147	22 420,3	15	530,6	2,4	0,2
Spolu	13 278	7 905 174,3	20 918	4 905 174,3	5640	229 057,0	–	100,0

Štatistické výsledky mapovaných tried krajiny pokrývky (obr. 1) sú príspevkom k poznaniu štruktúry krajiny Slovenska zo začiatku 90. rokov 20. stor. Najväčšiu rozlohu zaberala orná pôda (1 676 836 ha; t. j. 34,2 % územia Slovenska), nasledovali listnaté lesy (1 013 712 ha; 20,7 %), ihličnaté lesy (571 357 ha; 11,6 %), prevažne poľnohospodárske areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie (511 744 ha; 10,4 %) a zmiešané lesy (347 441 ha; 7,1 %).

V mierke 1 : 100 000 sú najpočetnejšie zastúpené spomínané poľnohospodárske areály, na území Slovenska sa vyskytujú 4 734-krát. Medzi veľmi početné patrí nesúvislá zástavba (2 685), lúky a pasienky (2 653), orná pôda (2 179) a triedy lesov od zmiešaných (1 918), listnatých (1 725) až po časté leso-kroviny (1 862). Početnosť týchto tried svedčí o celkovej diverzite najmä kotlinovej a horskej krajiny Slovenska.

Zmeny krajiny Slovenska v 70. – 90. rokoch identifikované využitím databáz CORINE Land Cover

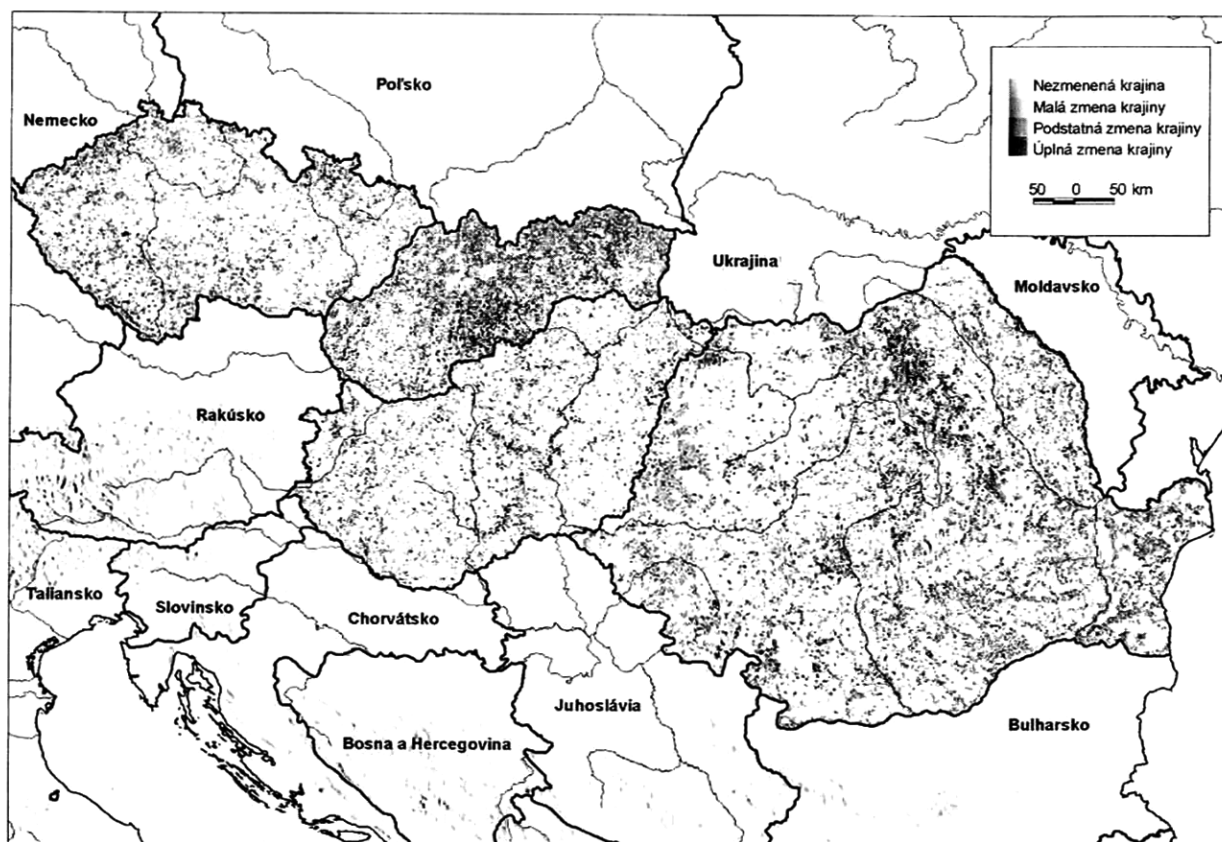
Identifikácia a analýza zmien krajiny Slovenska vychádzala z využitia dvoch vektorových databáz krajiny pokrývky Slovenska CLC v mierke 1 : 100 000. Databáza CLC90 reprezentovala stav krajiny pokrývky Slovenska k začiatku 90. rokov (1989 – 1992). Druhá databáza vznikla modifikáciou pôvodnej CLC90 metódou retrospektívnej analýzy (downdating, backdating), využívajúcej snímky Landsat MSS z druhej polovice 70. rokov (1976 – 1979). Databáza zmien vznikla naložením

oboch súborov údajov reprezentujúcich stav krajiny pokrývky zo 70. a 90. rokov (Feranec et al., 2000; 2002).

Porovnaním satelitných údajov zo 70. a 90. rokov sa získali informácie o zmenách krajiny Slovenska, ktoré sú dokumentované prostredníctvom dynamiky zmien jednotlivých tried krajiny pokrývky (% nárastu alebo úbytku).

Z identifikovaných zmien vyplýva nárast sídelnej zástavby v 90. rokoch o 3,3 % oproti 70. rokom, priemyselných, obchodných a dopravných areálov o 10,1 % a areálov ťažby, skládok a výstavby o 63,1 % (tab. 1). Tieto zmeny korešponujú s rastom industrializácie a urbanizácie podľa rozvojových možností spoločenského záujmu a významu. Trend urbanizácie v 70. a 80. rokoch súvisel s vtedajšou politikou a priestorový rozvoj nadväzoval na urbanizačné jadrá (uzly) a osi rastu. Trend rozvoja sa, prirodzene, odrazil obzvlášť v náraste výstavby obytných a priemyselných areálov, ale aj diaľnic a vodných nádrží. Pozitívne možno hodnotiť nárast plochy sídelnej vegetácie a areálov rekreácie (o 3,3 %).

Celkové zmeny poľnohospodárskej krajiny zaznamenané podľa analyzovaných tried naznačujú v sledovaných rokoch skôr negatívny trend, aj keď ich treba hodnotiť podľa prírodných priestorových podmienok. Celkový nárast ornej pôdy o 0,6 % možno vysvetliť intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby a štátom podporovanou agrárnou politikou. V kontexte hodnotenia stabilizujúcich prvkov krajiny štruktúry sa považuje za negatívny úbytok poľnohospodárskych trávnych porastov o 2,8 % a heterogénne využívanú poľnohospodár-



2. Priestorový rozsah všetkých typov zmien krajiny Česka, Maďarska, Rumunska a Slovenska v období 70. – 90. rokov

skej pôdy s prítomnosťou prirodzenej vegetácie o 3,4 %. Ako pozitívnu zmenu krajinnej štruktúry hodnotíme nárast trvalých kultúr (najmä vinohradov) o 20,4 %.

Trend vývoja lesnej krajiny je negatívny. Súvisí s úbytkom lesov o 4,4 % a nárastom krovín a prirodzených lúk (85,4 %), ktoré boli identifikované najmä po výruboch a fažbe lesných drevín a predstavujú triedu prechodných krovín na lesnom pôdnom fonde. V kontexte stabilizujúcich funkcií negatívne hodnotíme aj nárast holín bez vegetácie o 1,9 % (tab. 1), ktorý bol identifikovaný v období vypustenia Oravskej vodnej nádrže.

Z hľadiska koncepcie udržateľného rozvoja sa považujú za pozitívne zmeny v náraste mokradí o 12,7 %. Močiare majú v krajine výraznú retenčnú a stabilizačnú funkciu v súvislosti s vyrovnávaním vodnej bilancie. V prírodných podmienkach a charaktere súčasnej krajinnej štruktúry Slovenska je pozitívnym trendom nárast vodných plôch o 2,4 %.

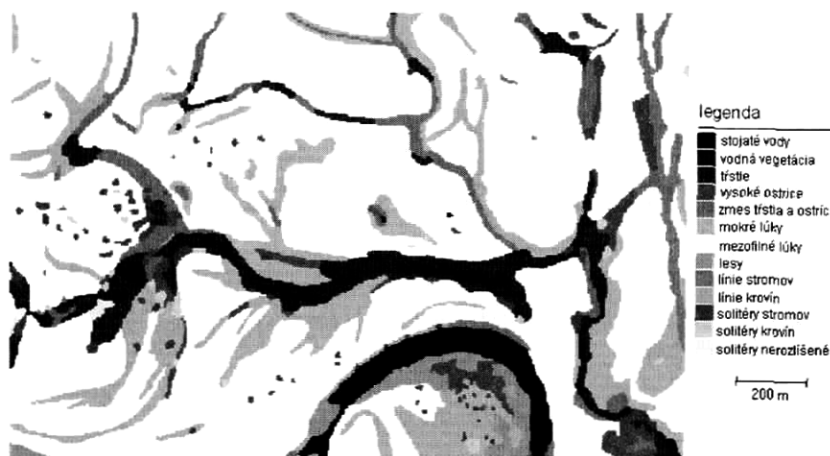
Reklasifikáciou zmien krajinnej pokrývky bola vytvorená databáza zmien siedmich typov krajiny Slovenska, ale aj Česka, Maďarska a Rumunska v kontexte riešenia projektu Phare Topic Link on Land Cover (Feranec et al.,

2000; 2002): intenzifikácia poľnohospodárstva, extenzifikácia poľnohospodárstva, urbanizácia (industrializácia), zväčšovanie povrchovej fažby nerastných surovín, zalesnenie, odlesnenie a iné typy zmien.

Zmeny plošného rozsahu tried databáz CLC 70. a CLC 90. rokov boli vyjadrené prostredníctvom tabuliek, ktoré zároveň dokumentujú tematickú redistribúciu tried krajinnej pokrývky v hodnotenom období. Rozsah identifikovaných zmien krajinnej pokrývky vidno na obr. 2 (Feranec et al., 2002).

Mapovanie krajinnej pokrývky vo veľkej mierke

Triedy krajinnej pokrývky môžeme diferencovať vo veľkej mierke (1 : 10 000 – 1 : 25 000) až po samostatné povrchové objekty veľkosti niekoľkých metrov (rodinný dom, ochranná hrádza, samostatný strom). Na ich identifikáciu sú vhodné najmä farebné normálne alebo infračervené letecké snímky. Príkladom mapovania krajinnej pokrývky vo veľkej mierke môže byť ukážka z oblasti nivy rieky Morava (Ofaheř et al., 1994). Krajinná, prevažne vegetačná pokrývka na nive Moravy bola analy-



3. Krajinná pokrývka (typy habitatov) na nive Moravy (južne od Zohora)

zovaná pomocou leteckých farebných infračervených snímok spojených do pozitívu fotomozaiky na filme, polohovo zhodnej s topografickou mapou v mierke 1 : 10 000. Vizuálna interpretácia vegetačných formácií (typov habitatov) vychádzala z metodológie projektov CORINE biotopes a land cover. Morfoštruktúrne a fyziognomické znaky objektov v krajine, obzvlášť vegetácie, zaznamenané na leteckých snímkach, boli určujúce pri identifikácii základných vegetačných jednotiek. Túto identifikáciu a mapovanie chápeme ako primárny krok pre ďalšie poznávacie alebo praktické ciele. Identifikované typy habitatov predstavujú v našom prípade vstupe pre floristickú analýzu reálnej vegetácie. Tieto vegetačné formácie indikujú charakter vertikálnych a horizontálnych priestorových vzťahov v krajine. Horizontálne vzťahy sa prejavujú v prírodnej krajine najmä prirodzenými prechodmi – ekotonmi. Ich sekvenciu dokumentuje obr. 3, na ktorom sú identifikované triedy krajinné pokrývky od stojatých vôd, vodnej vegetácie, trstia, ostríc, mokrých lúk až po mezofilné lúky. Charakter vegetačných formácií informuje o miere antropogénneho vplyvu, a zároveň poukazuje na abiotické a pôdne podmienky stanovišťa, vodný režim a mikroklimu. V tomto zmysle je identifikácia krajinné (vegetačné) pokrývky významným indikátorom riešenia ekostabilizačných a spoločensko-ekonomických funkcií v krajine.

Z doterajších výsledkov v oblasti využívania leteckých, a najmä satelitných snímok pri mapovaní krajinné pokrývky a zmien krajiny Slovenska aplikáciou údajov DPZ vyplýva:

- Satelitné obrazové záznamy Landsat TM sú spoľahlivým zdrojom informácií pre mapovanie krajinné po-

krývky a zmien krajiny v mierke 1 : 50 000 a menších.

- Inventarizácia zmien krajiny je dôležitá na analýzu trendov, príčin a dôsledkov prírodných a spoločenských procesov prebiehajúcich v krajine, ako aj na hodnotenie jej ekologickej stability.

- Letecké multispektrálne snímky poskytujú presné údaje o objektoch krajinné pokrývky a vegetačných formáciách vo veľkých mierkach, vhodných na detailné poznávacie a praktické ciele.

Prezentované výsledky boli získané v rámci riešenia grantového projektu 2/1037/23 VEGA a projektu EEA Phare Topic Link on Land Cover.

Literatúra

- Feranec, J., Ofaheľ, J.: Slovensko – CORINE – mapa krajinné pokrývky v mierke 1 : 500 000. Geografický ústav SAV Bratislava, 1996.
- Feranec, J., Šúri, M., Ofaheľ, J., Cebecauer, T., Kolář, J., Soukup, T., Zeňková, D., Waszmuth, J., Vajdea, V., Vijdea, A., Nitica, C.: Inventory of Major Landscape Changes in the Czech Republic, Hungary, Romania and Slovak Republic 1970 – 1990. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2, 2000, p. 129 – 139.
- Feranec, J., Ofaheľ, J.: Krajinná pokrývka Slovenska. Veda Bratislava, 2001, 124 s.
- Feranec, J., Šúri, M., Cebecauer, T., Ofaheľ, J.: Methodical Aspects of Landscape Changes Detection and Analysis in Slovakia Applying the CORINE Land Cover Databases. Geograf. Čas., 54, 2002, 3, p. 271 – 288.
- Heymann, Y., Steenmans, Ch., Croisille, G., Bossard, M.: CORINE Land Cover. Technical Guide. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1994.
- Ofaheľ, J., Feranec, J., Šúri, M.: Land Cover Mapping of the Morava Floodplain (by Application of Colour Infrared Aerial Photographs and GIS SPANS). Ekológia (Bratislava), 13, 1994, Supplement 1, p. 21 – 28.
- Pravda, J., Feranec, J., Ofaheľ, J., Husár, K.: Kartografická aplikácia bázy údajov CORINE Land Cover v mierke 1 : 100 000. Geograf. Čas., 50, 1998, s. 21 – 33.
- Walford, N.: Geographical Data. Characteristics and Sources. (Wiley). Chichester, 2001.

Doc. RND. Ján Feranec, CSc., Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, jan.feranec@savba.sk
Doc. RNDr. Ján Ofaheľ, CSc., Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, jan.otahel@savba.sk