
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

48

1996

1

*Ján Feranec**

PRÍSTUPY K ANALÝZE VIACČASOVÝCH ÚDAJOV DIALKOVÉHO PRIESKUMU ZEME

Ján Feranec: Approaches to multitemporal analysis of remote sensing data. Geogr. čas. 48, 1996, 1, 1 tab., 2 figs., 20 refs.

The study contains information on basic orientation of the multitemporal analysis of remote sensing data and provides a survey of accessible data sets concerning the territory of Slovakia applicable also in the research of landscape changes (the oldest black and white aerial photographs of the territory of Slovakia were made in 1935). Three basic orientations of multitemporal analysis of remote sensing data allowing identification of the landscape objects are by means of comparison characterized as: image-image, image-map, and image-statistics.

Key words: remote sensing data, multitemporal analysis of remote sensing data, landscape changes, images comparison

ÚVOD

Vplyv spoločnosti na krajinu sa akumuloval diferencovane počas stáročí. Preto je dôležité poznať trendy postupu jej zmien. Údaje diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) sú jedným z cenných zdrojov informácií, ktoré prispievajú k poznaniu zmien prebiehajúcich v krajine.

V predchádzajúcej štúdií (Feranec 1992) sme poskytli prehľad metód analýzy viacčasových snímok a obrazových záznamov, ktoré sa používajú pri identifikácii a hodnotení zmien objektov krajiny. Výsledkom uvedenej analýzy sú areálové, líniové alebo bodové charakteristiky objektov krajiny, zistené za predpokladu ich zmeny

*Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

(napr. veľkosti, tvaru, výskytu a pod.), v rámci sledovaných časových horizontov a dostatočnej rozlišovacej schopnosti údajov DPZ. Identifikované zmeny sú dokumentované napr. mapami, grafickými schémami, prípadne číselnými údajmi. Avšak iba poznatok, že zmena sa vyskytla, je relatívne malo informatívny. Preto je dôležité uskutočniť aj hodnotenie zistených zmien, najmä z hľadiska príčin, ktoré ich podmiacili a následkov, ktoré vzniknuté zmeny vyvolajú. Všeobecný postup aplikácie údajov DPZ pri získavaní informácií o zmenách objektov krajiny môžeme vyjadriť takto:

ANALÝZA VIACČASOVÝCH ÚDAJOV DPZ → IDENTIFIKOVANIE ZMIEN OBJEKTOV KRAJINY → ANALÝZA-EXPLANÁCIA IDENTIFIKOVANÝCH ZMIEN

Cieľom štúdie je ukázať základné smerovania analýz viacčasových údajov DPZ a dokumentovať dostupné súbory týchto údajov z územia Slovenska, ktoré sú aplikovateľné pri výskumoch zmien krajiny.

ZÁKLADNÉ SMEROVANIA ANALÝZY VIACČASOVÝCH ÚDAJOV DPZ

Identifikácia zmien objektov krajiny aplikáciou údajov DPZ vychádza z troch základných porovnaní:

- SNÍMKA - SNÍMKA,
- SNÍMKA - MAPA,
- SNÍMKA - ŠTATISTICKÉ ÚDAJE.

Do porovnania nevstupujú priamo údaje DPZ v podobe snímok alebo obrazových záznamov, ale z nich atrahované informácie, napr. identifikované areály tried krajinynej pokrývky, vypočítané hodnoty vegetačných indexov a pod.

Porovnanie snímka - snímka

Tento veľmi často používaný spôsob získavania informácií o zmenách objektov krajiny je založený na vzájomnom porovnaní viacčasových údajov DPZ. Porovnanie typu "snímka - snímka" môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- prvá využíva *analogové údaje* (lietadlové alebo satelitné),
- druhá *digitálne údaje* (prevažne satelitné).

Do procesu porovnania *analogových údajov DPZ* vstupujú letecké snímky, u nás najmä panchromatické - čiernobiele, čiastočne multispektrálne (vo svete bežne aj farebné a farebné infračervené). Z množstva prác, uskutočnených v tejto oblasti, uvádzame ako príklady štúdie, ktoré publikovali Ihse (1987, 1995), Skanes (1990) a Lipský (1995). Spoločným znakom citovaných prác je to, že zmeny prebiehajúce v krajine, v rámci sledovaných časových horizontov sú identifikované najmä prostredníctvom zmien vzoriek (patternov) využitia krajiny (land use) a krajinynej pokrývky (land cover). Zmeny vzoriek môžu odrážať funkčné zmeny a postihovať aj ekologické procesy, prebiehajúce v krajine.

Identifikácia zmien vzoriek využitia krajiny a krajinynej pokrývky (reprezentovaných areálovými, líniovými a bodovými charakteristikami) sa uskutočňuje po ich digitalizácii v prostredí geografického informačného systému (GIS-**n**). Analýzou priestorových zmien vzoriek sú charakterizované trendy vývoja krajiny. Napríklad

švédska geografa M. Ihse (1995) uvádza, že v poľnohospodárskej krajine rovinných častí Švédska sa za posledných 50 rokov prejavujú zmeny najmä vo zväčšovaní veľkosti poľí, znižovaní počtu líniových a bodových prvkov, zmenšovaní počtu areálov tráv a močiarov a pod. Na základe výsledkov analýz autorka konštatuje, že zväčšovanie veľkosti poľí je výsledkom nielen intenzifikácie v rámci fariem, ale je spôsobené aj zmenou vlastníctva a riadenia. Najväčšie zmeny sa prejavujú na veľkých farmách. Zníženie počtu líniových a bodových objektov, ako autorka ďalej konštatuje, je tiež výsledkom intenzifikácie poľnohospodárstva. Prítomnosť týchto prvkov v krajine bola považovaná za prekážku voči modernému riadeniu a aplikovaniu nových technológií obrábania pôdy.

Mack et al. (1995) aplikovali princíp porovnania viacčasových leteckých snímok na analýzu vývoja vzťahov medzi environmentálnymi ohrozeniami a využitím krajiny.

Špecifickým príkladom tejto skupiny porovnania leteckých panchromatických snímok je práca Hanzla (1995). Ukazuje možnosti identifikácie zmien veľkosti areálov vybraných tried objektov krajiny technikami fotogrametrického vyhodnotenia leteckých snímok. Výsledky experimentálnych prác potvrdili, že viacčasové letecké snímky sú cenným zdrojom informácií, napr. o vývoji povrchovej ľahzy surovín (napr. v kameňolomoch), zastavaných plôch a pod.

Digitálne obrazové záznamy získané snímacími zariadeniami Multispectral Scanner - MSS a Thematic Mapper - TM (LANDSAT), High Resolution Visible - HRV (SPOT), Advanced Very High Resolution Radiometer - AVHRR (NOAA) a Synthetic Aperture Radar - SAR (ERS) sú v podstatnej miere využívané pri získavaní informácií o zmenách objektov krajiny na báze digitálnych techník.

Základnou podmienkou aplikácie uvedených údajov a techník pre identifikáciu zmien objektov krajiny je závislosť medzi spektrálnymi zmenami registrovanými na obrazovom zázname a zmenami snímaných objektov krajiny. Tieto zmeny sú v rámci uvedeného súboru techník identifikované najmä prostredníctvom výpočtu *obrazovej diferenciácie* a porovnaním *spektrálnych indexov* transformácie *tasseled cup* (Jensen 1986, Feranec 1992, Green et al. 1994, Šúri et al. 1994).

Lee a Marsh (1995) použili viacčasové údaje LANDSAT MSS na hodnotenie zmien vegetácie za 5-ročné obdobie. Zmeny boli identifikované a analyzované na základe porovnania vegetačných indexov NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) vypočítaných pre jednotlivé roky, s meteorologickými prvkami (teplotou a zrážkami) a výškou hladiny v rieke (študované územie tvorila časť riečného bazénu). Identifikácia zmien vegetácie v urbanizovanej krajine je dokumentovaná aj v práci Greena et al. (1994). Zmeny v prírastku a úbytku vegetácie boli stanovené porovnaním dvoch scén LANDSAT-u z dvoch časových horizontov, prostredníctvom obrazovej diferenciácie a hodnôt vegetačného indexu. Autori zistili v rámci sledovaného územia plochy s prírastkom 30 % a viac vegetačnej pokrývky, plochy s úbytkom 30 % a viac vegetačnej pokrývky a plochy nezmenené (plochy so zmenami vegetácie do 30 %). Porovnanie hodnôt vegetačných indexov NDVI a VI (Vegetation Index) sa používa aj pri identifikácii zmien využitia krajiny za rôzne obdobia (Bacchi et al. 1989, Kolár a Feranec, 1990). Stoklasa (1993) konštatuje, že významné zvýšenie informačnej hodnoty máp zdravotného stavu lesov poskytuje analýza viacčasových údajov DPZ sledovaného územia. Ďalej zdôrazňuje, že nakoľko podmienky a prípadné skresľujúce faktory sú pri hodnotení tej istej lokality lesa približne rovnaké, zistený rozdiel prostredníctvom viacčasových údajov DPZ je úmerný zmene zdravotného stavu sledovaného lesného porastu.

Porovnanie snímka - mapa

Zdrojom informácií o zmenách objektov krajiny sú v rámci tohto typu porovnania okrem údajov DPZ aj mapy, a to najmä z obdobia, z ktorého neexistujú snímky alebo obrazové záznamy. Z technického hľadiska je dôležité poznamenať, že porovnaniu "snímka - mapa" predchádza zjednotenie mierok a zobrazenia. Často sa uskutočňuje transformácia snímky - obrazového záznamu, alebo výsledkov interpretácie do zobrazenia mapy.

Dôležité informácie o zmenách objektov krajiny poskytuje porovnanie mapy prírodných typov krajiny s údajmi o krajinnej pokrývke získané interpretáciou leteckých alebo satelitných snímok. Toto porovnanie poukazuje na vnútorné synergické a vonkajšie chorické vzťahy prírodných a spoločensko-ekonomických zložiek krajiny. Poznanie zmien krajinnej pokrývky v kontexte politických, spoločenských, ekonomických, ale aj environmentálnych podmienok umožňuje hodnotiť vývoj krajiny v minulosti a určiť trendy jej ďalšieho rozvoja v kontexte rešpektovania ekologických princípov a stability krajiny (Otáhel a Feranec 1995). Ukážku porovnania mapy prírodných typov krajiny zázemia Bratislavy s údajmi získanými interpretáciou satelitných snímok dokumentuje napr. Otáhel a kol. (1993).

Porovnanie snímka - štatistické údaje

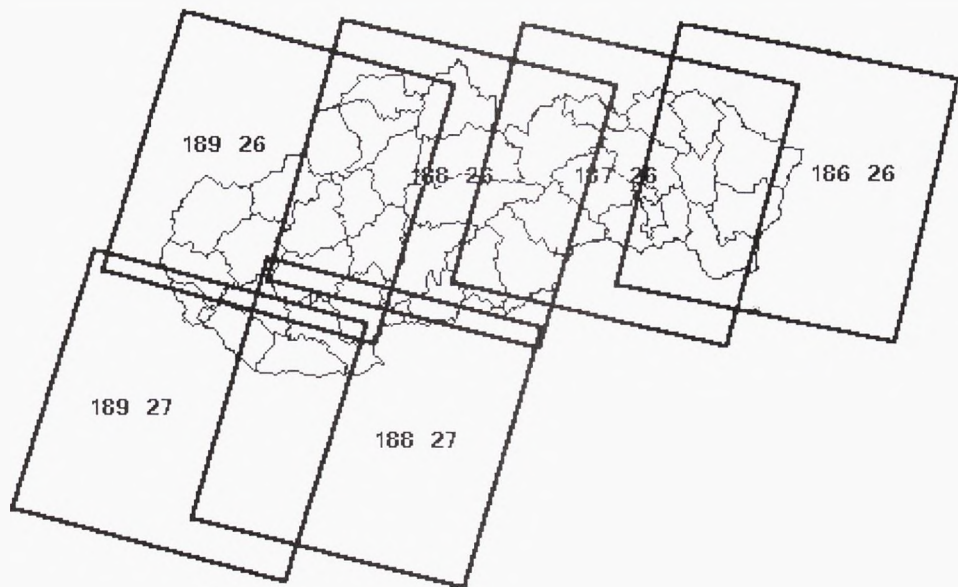
Uvedený typ porovnania nemá frekventované použitie, nakoľko neexistujú jednoznačne kompatibilné štatistické údaje získané interpretáciou údajov DPZ s klasickými štatistickými údajmi. Ihse (1995) na príklade Švédska konštatuje, že klasické štatistiky neobsahujú údaje dôležité z hľadiska hodnotenia zmien krajiny. Takými sú napríklad údaje o líniovej zeleni, malých remízach stromov, krov a tráv, malých vodných plochách a pod. Podobný názor uvádza aj Lipský (1995). Zdôrazňuje, že klasické štatistické údaje neposkytujú žiadne informácie o mikroštruktúre krajiny. Nedovoľujú vyjadriť veľkosť diverzity krajiny, konektivitu, priestorové usporiadanie malých, ale ekologicky dôležitých prvkov krajiny, biokoridorov a pod.

Údaje DPZ, získané najmä z lietadlových nosičov, obsahujú uvedené informácie. Po interpretácii môžu byť prezentované v grafickej aj číselnej forme, určením napr. veľkosti, tvaru a usporiadania areálov sledovaných prvkov krajiny a pod. Z tohto hľadiska sú údaje DPZ s vysokou rozlišovacou schopnosťou informatívnejšie v porovnaní s klasickými štatistickými údajmi, ktoré neobsahujú detailné charakteristiky o štruktúre krajiny.

Porovnania uvedeného typu bývajú preto často neúplné a nemôžu poskytnúť presné informácie o zmenách prebiehajúcich v krajine.

ARCHÍVNE ÚDAJE DPZ Z ÚZEMIA SLOVENSKA, ZÍSKANÉ ZO SATELITNÝCH A LIETADLOVÝCH NOSIČOV

Temporálna rozlišovacia schopnosť údajov DPZ určuje termín získania snímok a obrazových záznamov, prípadne frekvenciu ich opakovaného získania (Jensen 1986, Feranec 1990). Je zvlášť charakteristická pre údaje poskytované zo satelitov pohybujúcich sa po orbitálnych dráhach, ktoré v pravidelných intervaloch snímajú zemský povrch, napr. LANDSAT v 18-dňových (1972-1982) a 16-dňových (od roku 1982 doteraz) a SPOT v 26-dňových intervaloch (od roku 1986 doteraz). Pokrytie územia Slovenska údajmi získanými z týchto satelitov poskytujú obr. 1 a 2.



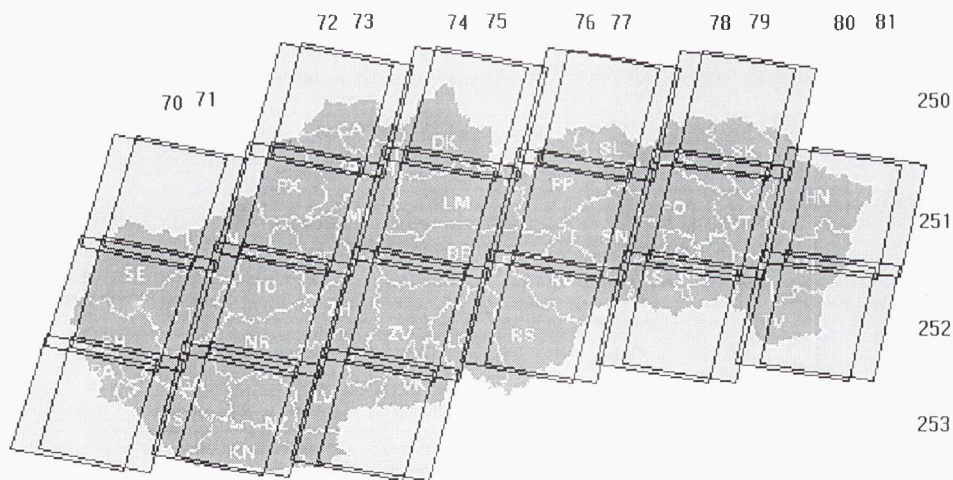
Obr. 1. Pokrytie územia Slovenska údajmi získanými satelitom LANDSAT, ktorý snímkuje zemský povrch od júla 1972.

Jednotlivé scény identifikované číslom stĺpca a riadka reprezentujú územie 185 x 185 km.

26, 27 - čísla riadkov, 186, 187, 188, 189 - čísla stĺpcov

Prevzaté z Internetu.

© Slovenská agentúra životného prostredia, 1994.



Obr. 2. Pokrytie územia Slovenska údajmi získanými satelitom SPOT, ktorý snímkuje zemský povrch od februára 1986.

Jednotlivé scény identifikované číslom stĺpca a riadka reprezentujú územie 60 x 60 km.

70 - 81 - čísla stĺpcov, 250 - 253 - čísla riadkov

Prevzaté z Internetu.

© Slovenská agentúra životného prostredia, 1994.

Zvlášť dôležitým zdrojom informácií pre analýzu dynamiky zmien objektov krajiny, najmä v detailných mierkach, sú letecké panchromatické (čiernobiely) snímky. Hoci obsahujú informácie iba z viditeľnej časti spektra, sú cenné najmä pre svoju historickú hodnotu a informácie, ktoré z nich možno získať jednoduchými interpretačnými metódami. Tieto informácie sú napr. v porovnaní s mapami z rovnakého časového obdobia na kvalitatívne vyššej úrovni (Brúna 1991). Letecké panchromatické snímky archivuje a užívateľom poskytuje Topografický ústav v Banskej Bystrici. Dostupné letecké snímky z územia Slovenska sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1. Prehľad dostupných leteckých panchromatických (čiernobielych) meračských snímok z územia Slovenska

Rok snímkovania	Územie
1935	Časti okresov: Levice, Lučenec, Rimavská Sobota, Zvolen, Žiar nad Hronom
1936	Časti okresov: Banská Bystrica, Bratislava, Galanta, Levice, Nitra, Nové Zámky, Rimavská Sobota, Rožňava, Trnava, Žiar nad Hronom
1937	Časti okresov: Čadca, Košice, Prešov, Žilina
1938	Časť okresu: Senica
1948	Sídla SR: Banská Bystrica, Banská Štiavnica, Bratislava, Brezno, Kapušany, Košice, Kováčová, Levoča, Lučenec, Martin, Nitra, Nové Zámky, Piešťany, Plešivec, Prešov, Rimavská Sobota, Rožňava, Sereď, Skalica, Spišská Nová Ves, Šala, Šurany, Trenčín, Trnava, Trnovec nad Váhom, Vrútky, Zlaté Moravce, Zvolen, Žilina
1949	Celé územie Slovenska
1951	Časti okresov: Banská Bystrica, Bratislava, Košice, Lučenec, Svidník, Veľký Krtíš, Zvolen
1952	Časti okresov: Bratislava, Čadca, Komárno, Košice, Liptovský Mikuláš, Poprad, Rožňava, Žilina
1953	Zatiaľ nezistený presný rozsah nasnímkovaného územia
1954	Časti okresov: Bratislava, Dunajská Streda, Komárno, Spišská Nová Ves, Trenčín, Zvolen
1955	Podstatné časti stredného a západného Slovenska, menšie časti východného Slovenska a hraničné pásmo s Poľskom a čiastočne s Maďarskom
1956	Podstatná časť východného Slovenska a čiastočne stredné Slovensko
1957	Časti okresov: Banská Bystrica, Bardejov, Humenné, Liptovský Mikuláš, Levice, Svidník, Trenčín, Veľký Krtíš, Žilina
1958	Časti okresov: Banská Bystrica, Bratislava, Čadca, Galanta, Humenné, Košice, Lučenec, Považská Bystrica, Rimavská Sobota, Senica, Spišská Nová Ves, Trnava, Žilina
1959	Časti okresov: Banská Bystrica, Bardejov, Bratislava, Košice, Poprad, Prievidza, Topoľčany, Zvolen
1960	Časti okresov: Komárno, Košice, Lučenec, Liptovský Mikuláš, Rimavská Sobota, Prešov
1961	Časti okresov: Banská Bystrica, Bardejov, Bratislava, Humenné, Liptovský Mikuláš, Nové Zámky, Považská Bystrica, Poprad, Prešov, Rimavská Sobota, Stará Ľubovňa, Svidník, Trebišov, Trenčín, Topoľčany, Veľký Krtíš, Zvolen, Žiar nad Hronom
1962	Časti okresov: Banská Bystrica, Bardejov, Bratislava, Dolný Kubín, Komárno, Levice, Liptovský Mikuláš, Nové Zámky, Poprad, Rimavská Sobota, Topoľčany, Trenčín, Senica, Svidník

1963 - 1973	Zatiaľ nezistený presný rozsah nasnímkovaného územia
1974	Časti okresov: Čadca, Košice, Liptovský Mikuláš, Poprad, Rimavská Sobota, Zvolen, Nitra
1975	Časti okresov: Bratislava, Čadca, Dolný Kubín, Liptovský Mikuláš, Poprad, Považská Bystrica, Rimavská Sobota
1976	Časti okresov: Bratislava, Dolný Kubín, Dunajská Streda, Humenné, Komárno, Liptovský Mikuláš, Prievidza, Prešov, Rožňava, Senica, Spišská Nová Ves, Topoľčany, Trenčín
1977	Časti okresov: Banská Bystrica, Bardejov, Bratislava, Čadca, Humenné, Lučenec, Považská Bystrica, Senica, Svidník, Trenčín, Zvolen
1978	Časti okresov: Banská Bystrica, Považská Bystrica, južná časť stredného Slovenska a časť západného Slovenska
1979	Zatiaľ nezistený presný rozsah nasnímkovaného územia
1980	Časť okresu: Dunajská Streda, podstatná časť východného Slovenska a menšie časti stredného Slovenska
1981	Časť okresu: Komárno, severná časť východného Slovenska a menšie časti stredného Slovenska
1982	Časti okresov východného a západného Slovenska
1983	Väčšia časť stredného Slovenska a menšia časť východného Slovenska
1984	Časti okresov: Liptovský Mikuláš, Levice, Zvolen, ďalej povodie Váhu, severná časť západného Slovenska a časti východného Slovenska
1985	Časti okresov: Banská Bystrica, Košice, Považská Bystrica, Rimavská Sobota, Zvolen, Žilina, ďalej väčšia časť západného Slovenska
1986-1987	Časti okresov západného a východného Slovenska a podstatná časť stredného Slovenska
1988	Časti okresov: Banská Bystrica, Humenné, Liptovský Mikuláš, Michalovce, Topoľčany, Trenčín
1989	Časti okresov: Banská Bystrica, Humenné, Košice, Levice, Trenčín, Zvolen
1990	Časti okresov: Bardejov, Čadca, Humenné, Košice, Poprad, Považská Bystrica, Veľký Krtíš, Zvolen, Žilina
1991	Časti okresov: Bratislava, Humenné, Košice, Svidník, ďalej časť západného a južná časť stredného Slovenska
1992	Časti okresov: Humenné, Komárno, Nové Zámky, Spišská Nová Ves, Bratislava, ďalej povodie Dunaja a severná časť stredného Slovenska
1994	Lokality SR: Jakubany, Jaslovská Bohunice, Nitra, Podolinec, Pukanec, Revúca, Spišská Nová Ves, Vinica, Vranov nad Topľou
1995	Lokality SR: Hrabušice, Dunaj-Gabčíkovo, Levice, Poprad, Rajec, Stará Lubovňa

DISKUSIA

Letecké panchromatické snímky, ktorých základný prehľad poskytuje tab. 1, sú veľmi cenným zdrojom informácií o zmenách krajiny, ktoré sa uskutočnili na Slovensku od roku 1935. Detailnejšie informácie o získavaní leteckých snímok u nás poskytuje Topografický ústav v Banskej Bystrici.

Existencia archívu leteckých snímok, prístup k satelitným snímkam, ako aj k údajom o krajinej pokrývke v mierke 1:100 000, vytvorenej aplikáciou údajov LANDSAT TM z rokov 1989-92 (Feranec a kol. 1994, Feranec a Oťaheľ 1995) a prístup k rôznym topografickým a tematickým mapám, vytvárajú bázu údajov vhodnú pre dokumentovanie historického a súčasného vývoja využitia krajiny a krajinej

pokryvky Slovenska. Najvhodnejším metodickým prístupom, prostredníctvom ktorého by bolo možné získať relevantné informácie pre identifikovanie a explanáciu tohto vývoja, sa nám javí porovnanie údajov DPZ s mapami z reprezentatívnych časových horizontov, doplnené o príslušné štatistické údaje. Jedným z metodických príspevkov, zaoberajúcich sa uvedenou problematikou, je projekt "Analýza zmien krajiny aplikáciou údajov DPZ", riešený na Geografickom ústave SAV v Bratislave.

ZÁVER

Z hľadiska základného výskumu prispieva riešenie problémov porovnávania údajov DPZ k poznaniu a dokumentovaniu trendov vývoja krajiny v rôznych prírodných, sociálnoekonomických a politických podmienkach. Takéto poznatky predstavujú východiská pre plánovanie a prognózovanie vývoja ľudských aktivít v krajine, ako aj prognózovanie vývoja kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastností objektov krajiny.

POĎAKOVANIE

Autor ďakuje Topografickému ústavu v Banskej Bystrici za poskytnutie informácií o leteckých snímkach z územia Slovenska.

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením projektu 1066 "Analýza zmien krajiny aplikáciou údajov DPZ" na Geografickom ústave SAV v Bratislave v roku 1995.

LITERATÚRA

- BACCHI, S., GALLI, A., MORIONDO, A., ROSSI, B., TOMASONI, R. (1989). Changes detection in agricultural and urban land use by remote sensing techniques: the metropolitan area of Milan (Itali). In Barrett, C. E., Brown, A.K., eds. *Remote Sensing for Operational Applications*. Bristol (The Remote Sensing Society), pp. 63-67.
- BRŮNA, V. (1991). Interpretace panchromatických leteckých měřických snímků při sledování dynamiky změn lesního porostu. *Fotointerpretacia v geografii*, 21, 47-55.
- FERANEC, J. (1990). Údaje získané metodami diaľkoveho prieskumu Zeme - zdroj geografických informácií. *Geodetický a kartografický obzor*, 36/78, 9-11.
- FERANEC, J. (1992). Analýza multitemporálnych údajov DPZ - metodický nástroj geografických výskumov. *Geografický časopis*, 44, 40-50.
- FERANEC, J., OŤAHEĽ, J., PRAVDA, J., HUSÁR, K. (1994). Formy krajinného krytu identifikované v rámci projektu CORINE Land Cover. *Geografický časopis*, 46, 35-48.
- FERANEC, J., OŤAHEĽ, J. (1995). Možnosti využitia bázy údajov CORINE land cover v kartografii. *Geodetický a kartografický obzor*, 41/83, 194-196.
- GREEN, K., KEMPKA, D., LACKEY, L. (1994). Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60, 331-337.
- HANZL, V. (1995). Temporální analýza vybraných jevů pomocí archivních leteckých snímků. *Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment*, 2, 41-45.
- IHSE, M. (1987). Air photo interpretation and computer cartography - tools for studying the changes in the cultural landscape. In Birks, J., ed. *The Cultural Landscape - Past, Present and Future*. Cambridge (Cambridge University Press), pp. 153-163.
- IHSE, M. (1995). Swedish agricultural landscapes - patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning*, 31, 21-37.
- JENSEN, R.J. (1986). *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. Englewood Cliffs (Prentice-Hall).

- KOLÁŘ, J., FERANEC, J. (1990). Metodické aspekty identifikácie zmien využitia poľnohospodárskej krajiny aplikáciou multitemporálnej analýzy obrazových záznamov družice LANDSAT 5. *Geodetický a kartografický obzor*, 36, 15-17.
- LEE, T.C.H., MARSH, E.S. (1995). The use of archival LANDSAT MSS and ancillary data in a GIS environment to map historical change in an urban Riparian habitat. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, 999-1008.
- LIPSKÝ, Z. (1995). The changing face of the Czech rural landscape. *Landscape and Urban Planning*, 31, 39-45.
- MACK, C., MARSH, E.S., HUTCHINSON, F.C. (1995). Application of aerial photography and GIS techniques in the development of a historical perspective of environmental hazards at the rural - urban fringe. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, 1015-1020.
- OTÁHEL, J., ŽIGRAJ, F., DRGOŇA, V. (1993). Landscape use as a basis for environmental planning (case study of Bratislava and Nitra hinterlands). In Drgoňa, V., ed. *Environmental Problems in Central Europe: Experiences from Slovakia and Austria*. Nitra (Nitrianska Univerzita), pp. 5-83.
- OTÁHEL, J., FERANEC, J. (1995). Význam štúdia zmien krajinného krytu pre poznanie vývoja krajiny. *Geographia Slovaca*, 10, 187-190.
- SKANES, H. (1990). Changes in the rural landscape and the impact on flora. A retrospective case study using aerial photographs. *Geografiska Annaler*, 72A, 129-134.
- STOKLASA, M. (1993). Mapy zdravotního stavu lesů z kozmických snímků LANDSAT TM. In Zihlavník, Š., Scheer, L., eds. *Aplikácie DPZ v lesníctve*. Zvolen (Technická Univerzita, Lesnícka fakulta), pp. 34-39.
- ŠŮRI, M., FERANEC, J., CEBECAUER, T. (1994). Určovanie obsahu vody v pôde výpočtom spektrálnych indexov z údajov LANDSAT TM. *Geografický časopis*, 46, 247-265.

Ján Feranec

APPROACHES TO MULTITEMPORAL ANALYSIS OF REMOTE SENSING DATA

Identification of the changes of landscape objects by application of remote sensing data is based in three types of comparisons: image-image, image-map and image-statistics.

Comparison "image-image" is divided into two groups: the first contains and uses the analogue data (aerial or satellite) and the second exploits the digital data (prevalingly satellite data) as information sources on the changes of landscape objects. An information source on landscape object changes falls under the comparison "image-map" and it is represented, besides remote sensing data also by maps, especially the ones made in the time of which no remote sensing data are available.

Comparison "image-statistics" has not frequented use as no univocal statistic data obtained by interpretation of remote sensing data compatible with classic statistic data exist.

Existence of an archive of aerial photographs, access to satellite images, as well as to the data on land cover of Slovakia in scale 1:100 000 and topographic and thematic maps create a data base adequate for documenting the contemporary and historical development of land use and land cover of Slovakia. The most suitable methodological approach by means of which it is possible to obtain the relevant information for identification and explanation of this development is the comparison of the remote sensing data with the maps of the representative time horizons completed by the corresponding statistical data. One of the methodological contributions dealing with the cited subject is the project "Analysis of the landscape changes by application of remote sensing data", carried out by the Institute of Geography of the SAS in Bratislava.

Tab. 1. The review of accessible black and white aerial photographs of Slovakia.

Fig. 1. LANDSAT reference grid of Slovakia.

Fig. 2. SPOT reference grid of Slovakia