

# Využitie satelitného monitoringu Zeme v geografických informačných systémoch

*D. Kusendová: Use of Satellite Monitoring of Earth in Geographic Information Systems. Život. Prostr., Vol. 43, No. 4, p. 235 – 237, 2009.*

Remote sensing of the earth's surface from satellites (RS) sets up many geographical databases that allow effective producing of geographic information using geographic information systems (GIS). Technological progress, which goes in hand with the developing RS and GIS, enriches this relation with a new dimension of practical use by the monitoring of natural systems and environment. The further development of the earth's satellite monitoring is closely connected with the quality attained by satellite and processing systems, including GIS-based, which use satellite images/imageries to create great number of applications.

Trends of the entire satellite systems development move towards cheaper spacecrafts orbiting the Earth in lower trajectories, with shorter life cycles, supplied however by sensors with higher geometrical and wider spectrum resolutions. With the increasing quality of satellite systems, the continuous remote sensing becomes more reliable with better prospects for the automation of increasing collection of multitemporal data. The trend to substitute satellite monitoring by the aircraft one is also relevant, which, in contrary to the satellite collection of data, is more accurate and precise with the increased using of digital sensors (optical, radar, laser), navigation devices and systems with the further the less supplemental ground (terrestrial) survey and collection of data.

Monitorovanie zemskeho povrchu s využitím satelitov, resp. družíc Zeme a zariadení *dial'kového prieskumu Zeme* (DPZ) poskytuje množstvo *geografických údajov*, ktoré sa dajú efektívne spracovať v prostredí *geografických informačných systémov* (GIS). Technologický rozvoj, ktorý sprevádza vývoj DPZ a GIS, dáva tomuto spojeniu nový rozmer praktického použitia výsledkov globálneho monitoringu Zeme s výrazným vplyvom na kvalitu procesov spojených s ochranou a využitím prírodného prostredia v súčasnej globalizujúcej sa hospodárskej a informačnej spoločnosti.

Cieľom príspevku je ukázať na možnosti a význam spojenia technológií a metód GIS a DPZ pri štúdiu prírodných procesov s využitím údajov satelitného monitoringu Zeme spolu s relevantnými trendmi vývoja.

## Satelitný monitoring a dial'kový prieskum Zeme

Súčasný DPZ dosiahol takú úroveň, že povrch Zeme je nepretržite zaznamenávaný (monitorovaný) množstvom satelitných prístrojov v desiatkach až stovkách spektrálnych pásiem. Satelitné záznamy sa stávajú

vhodným a efektívnym zdrojom informácií o skutočnom stave objektov a javov na zemskom povrchu. V porovnaní s inými metódami zberu údajov o krajine je satelitný monitoring pomerne rýchly na získanie množstva digitálnych údajov vo veľkom územnom rozsahu s vysokým stupňom rozlíšenia a automatizácie spracovania.

Osobitne výhodný je najmä pre prírodné systémy, ktoré sú charakteristické špecifickým spektrálnym prejavom a pre časovú variabilitu. Informácie odvodené z týchto údajov, spojené so všeobecnou a špecifickou poznatkovou bázou (napr. pri vegetácii o jej výškovej a priestorovej zonálnosti, fenologických fázach, postupoch manažmentu krajiny a aktivity špecifických činiteľov), predstavujú jeden z kľúčových komponentov štúdia dynamiky prírodných systémov.

Využitelnosť satelitných monitorovacích záznamov pre historický výskum krajiny rastie s ich vekom. Dnes sú k dispozícii cenovo aj technicky dostupné takmer 30-ročné archívne snímky DPZ, ako napr. ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>), CEReS (*Center for Environmental Remote Sensing*, <http://www.cr.chiba-u.jp/databaseen>).

htm), MISR (*Multi-angle Imaging SpectroRadiometer*, <http://www-misr.jpl.nasa.gov/>), MOPITT (*Measurements of Pollution in the Troposphere*, <http://www.acd.ucar.edu/mopitt/>) MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, <http://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/>) v rôznej úrovni spracovania satelitných záznamov, a to od „neupravených“, cez rádiometricky kalibrované a polohovo lokalizované až po mapovo prezentované údaje. Rozlišovacia spektrálna, polohová a časová úroveň satelitných záznamov podmieňuje spôsob ich využitia. Problematike spektrálneho a priestorového rozlíšenia monitorovacích satelitných záznamov sa donedávna venovala väčšia pozornosť ako časovej rozlišovacej schopnosti, ktorá tiež významne ovplyvňuje ich využiteľnosť v praxi. Vyššiu časovú rozlíšiteľnosť spravidla nižšie priestorové rozlíšenie. Nevýhodou niektorých prvotne spracovaných záznamoch je zníženie ich použiteľnosti pre väčšiu mierkovú úroveň v dôsledku parametrizácie a validácie použitých algoritmov, ktoré sú primárne určené pre globálny monitoring. V prípade analýz série záznamov pre regionálnu mierku, napr. výskum vegetačného krytu, sa ťažko získavajú archívne údaje z rovnakého územia z rôznych časových období s podobnými podmienkami snímania (Hlásny, 2008).

Aktuálne charakteristiky najviac využívaných satelitných záznamov monitoringu Zeme poskytujú ich producenti a poskytovatelia zväčša priamo na internete. Z *optických družicových systémov*, generujúcich satelitné záznamy z viditeľného a infračerveného elektromagnetického spektra, sú najvýznamnejšie najmä LANDSAT, SPOT, IRS, IKONOS, EROS a QuickBird a z radarových družicových systémov (zaznamenávajúcich mikrovlnnú časť spektra) RADARSAT a ERS.

Z nich historicky najstaršie sú družicové systémy LANDSAT (spustený v r. 1972, ako súčasť amerického programu NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>) a francúzsky SPOT (prevádzkovaný od r. 1986, dnes súčasť skupiny Spot Image, <http://www.spotimage.fr/>), ktoré poskytujú multi až hyperspektrálne a panchromatické satelitné údaje využiteľné najmä pre malomierkový až strednomierkový monitoring. Indický systém IRIS (<http://www.isro.org/sat.htm>) bol donedávna jediným komerčným systémom poskytujúcim údaje s vysokým polohovým rozlíšením, ktoré umožnili veľkomierkový monitoring (v multispektrálnom pásme do miery 1 : 100 000 a panchromatickom 1 : 25 000). Systémy IKONOS, EROS, QuickBird a ďalšie (<http://www.satimagingcorp.com/>) poskytujú polohovo ešte presnejšie údaje a posúvajú satelitné záznamy takmer na úroveň leteckých digitálnych snímok s možnosťou tvorby ortofotomáp. Radarové systémy typu RADARSAT (<http://www.radsat2.info/>) a ERS (prevádzkovaný Európskou vesmírnou agentúrou – ESA, <http://earth.esa.int/earthimages/>) píše svoju históriu od začiatku 90. rokov 20. storočia (1995, resp. 1991). Ich nezávislosť od

podmienok snímania a zvyšujúca polohová kvalita ich predurčuje na čoraz spoľahlivejší monitoring.

Podrobnejšie sa metódam a nástrojom DPZ venujú Lillesand et al. (2003), Jensen (2000), Zihlavník a Scherer (2001) a aktuálnym problémom špecializované periodiká: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *Remote Sensing of Environment*, *International Journal of Remote Sensing*, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* a ďalšie.

### Satelitný monitoring Zeme a geografické informačné systémy

Význam kontinuálneho monitoringu jednotlivých zložiek životného prostredia nadobúda globálny rozmer z hľadiska spracovania a analýzy veľkého objemu nerovnorodých polohovo, časovo a tematicky referencovaných údajov. V prípade satelitného monitoringu, ktorý primárne pokrýval najskôr globálny, neskôr regionálny (národný), dnes aj lokálny monitoring, ide najmä o harmonizáciu medzinárodných, resp. národných metodík a techník spracovania a zdieľania týchto údajov a ich údajových skladov. Spolu s tým sa postupne riešia medzinárodné a národné organizačné a legislatívne rámce, ktoré by umožnili využitie monitorovacích údajov na riešenie problémov presahujúcich hranice štátov a regiónov bez zbytočných obštrukcií.

Získavanie prvkov zo satelitných záznamov s cieľom naplnenia, resp. aktualizácie geografických databáz, je proces, ktorého náročnosť a nákladnosť závisí od charakteru prvkov, požadovanej presnosti, miery konečného produktu, dostupnosti techniky, odbornosti spracovateľa, časových termínov a ďalších faktorov, ktoré majú vplyv na voľbu konkrétnej techniky a metód získavania. Manuálnu metódu spracovania obrazu (interpretáciu) analógových satelitných snímok nahradili výhradne digitálne spôsoby automatizujúce procesy spracovania obrazu (*image processing*) snímaného vo viacerých spektrálnych pásmach s väčším územným rozsahom a priestorovým rozlíšením.

Jednosnímkové metódy, využívajúce najmä panchromatické satelitné snímky, nahradili dvojsnímkové (stereoskopické), ktoré sa spracúvajú metódami digitálnej fotogrametrie s výstupom do dvojrozmerných ortofotomodelov (ortofotomáp) alebo trojrozmerného modelu (digitálneho modelu reliéfu, resp. terénu) s cieľom vytvoriť priestorovo verný obraz povrchu Zeme. Na ne nadväzuje proces klasifikácie snímok, čiastočne (riadenej klasifikácie) alebo plno automatizovanej (neriadenej klasifikácie) extrahujúcej informačné triedy príslušnej kategórie krajinných prvkov (využitia krajiny, druhu vegetácie a pod.). Okrem uvedených základných typov klasifikácie sa v prostredí GIS realizuje aj hybridná klasifikácia, ktorá oba základné typy kombinuje, subpixlová (deteguje prvky pod úrovňou najnižšieho priestorového elementu rastrových satelitných záznamov – pixlu), expertná (založená na

expertných pravidiel klasifikácie špecifických pre určitú oblasť alebo charakter extrahovaných prvkov ústiaca do priestorového modelovania) a objektovo orientovaná, založená na objektovom prístupe interpretácie obrazu na báze segmentácie a neurónových sieťach a ďalších metódach (Kovařík, 2002).

Na výsledky klasifikácie metódami spracovania obrazu nadväzujú priestorové a časopriestorové analýzy, ktoré uzatvárajú monitorovacie procesy. Klasifikácia satelitných záznamov, ale najmä ich (časopriestorová analýza a vizualizácia, či už vo forme digitálnych tematických máp alebo ich trojrozmerných modelov, je v súčasnosti doménou programových produktov GIS. Tie majú implementované vo svojich moduloch aj väčšinu z uvedených klasifikačných metód. Pre odborníkov sú v rastrove orientovaných komerčných GIS (TOPOL), ako aj cenovo (IDRISI) a voľne dostupných GIS (GRASS) implementované nástroje na prvotné spracovanie satelitných údajov (geometrické a spektrálne korekcie), ktoré boli donedávna doménou špecializovaných programov DPZ typu PCI (<http://www.pcigeomatics.com/>) alebo ERDAS (<http://www.erdas.com/WhyERDAS/tabid/54/Default.aspx>) spolu s ďalšími metódami spracovania (zvýraznenia) a analýzy obrazu. Konvergencia oboch typov programových produktov do spoločného technologického celku je dnes zrejma.

Pre spracovanie záznamov zo systémov satelitného monitoringu Zeme sú z priestorových analýz, implementovaných do programov GIS, významné najmä rôzne indexy a nástroje na kvantifikáciu priestorovej štruktúry krajiny pôvodom z krajinej ekológie (fragmentácie, heterogenity, konektivity), modelovanie povrchov a polí, sieťové analýzy dobre aplikované najmä na modelovanie hydrologických a klimatických procesov v krajine, ako aj nástroje priestorovej štatistiky (geoštatistiky), ktoré majú pôvod v rôznych geovedných disciplínach, akými sú napr. geografia, hydrológia, klimatológia, geológia a iné. Časopriestorové aspekty sa analyzujú v špecializovaných TimeGIS produktoch. Dôležitú úlohu hrá exploratívna priestorová analýza detegujúca nekompletnosť a nekonzistentnosť časopriestorových dátových sérií vo funkcii prípravnej fázy k ich ďalším analýzám a modelovaniam (Hlásny, 2007; Horák, 2006).

\*\*\*

Ďalší vývoj satelitného výskumu (monitoringu) Zeme sa odvíja od trendov vývoja satelitných systémov a spracovateľských systémov vrátane GIS, ktoré satelitné záznamy využívajú na tvorbu množstva aplikácií. V oblasti vývoja samotných satelitných systémov je trendom používanie lacnejších nosičov s nižšou obežnou dráhou okolo Zeme, s kratšou životnosťou, ale vyšším geometrickým a širším spektrálnym rozlíšením senzorov. Zvyšovaním zabezpečenia satelitných systémov sa stáva spoľahlivejší aj kontinuálny monitoring Zeme s perspektívou zvýšenia automatizácie (napr. použitím bezpilotných prostriedkov)

pri zvyšujúcom sa zbere multitemporálnych údajov. Významný je trend nahrádzania satelitného monitoringu leteckým, ktorý je, na rozdiel od satelitného zberu údajov, presnejší a spoľahlivejší, s rastom využívania digitálnych senzorov (optických, radarových, laserových) a navigačných prístrojov a systémov s čoraz nižšou mierou podporného pozemného (terestrického) zberu údajov.

Pre vývoj satelitného monitoringu Zeme je významný najmä trend v oblasti tvorby expertnejších a výkonnejších aplikačných programov na spracovanie a analýzu údajov od primárnych úprav, zvýraznenia, cez geografické referencovanie, komplexnú analýzu až po tvorbu kartografických prezentácií, ktoré sú práve doménou GIS. Nezanedbateľným trendom je rast automatizácie všetkých uvedených procesov, čo vedie k širšiemu použitiu a využitiu výsledkov monitoringu Zeme.

Pri monitorovaní Zeme predstavujú GIS počítačové systémy zamerané na spracovanie, analýzu, vizualizáciu, resp. sprístupnenie geografických údajov a informácií. Ide o prostriedky integrácie globálnych a regionálnych (národných) geografických databáz, ktoré na ich využitie poskytujú organizačné a inštitucionálne rámce. Význam GIS, ako nástroja na spracovanie digitálnych geografických údajov, získaných nielen satelitným monitoringom, je zřejmý a ich význam rastie spolu s rastom objemu a heterogenitou satelitných údajov, ako aj technologickým rozvojom samotných GIS.

## Literatúra

- Hlásny, T.: Geografické informačné systémy – Priestorové analýzy. Zvolen : Zephyros & Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, 2007, 160 s. ISBN 978-80-8093-029-5.
- Hlásny, T.: Modelovanie dynamiky prírodných systémov s využitím GIS. Habilitačná práca. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008, 164 s.
- Horák, J.: Prstorové analyzy dat. Ostrava, Vysoká škola báňská – Technická univerzita. Ostrava : Institut geoinformatiky, 2006, 151 s. [http://gislinb.vsb.cz/~hor10/PAD/Skripta/PAD\\_skriptaF.pdf](http://gislinb.vsb.cz/~hor10/PAD/Skripta/PAD_skriptaF.pdf), 30. 4. 2009.
- Jensen, J. R.: Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. New Jersey : Prentice Hall, 2000, p. 544. ISBN 0-13-489733-1.
- Kovařík, V.: Družicová data a geografická databáze. In: Vojenský informačný systém o území a prax. Zborník referátov. Banská Bystrica : Topograf. ústav, 2002, s. 107 – 116.
- Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W., Chipman J. W.: Remote Sensing and Image Interpretation. 5<sup>th</sup> ed. New York : Wiley, 2003, p. 736. ISBN 0-471-15227-7.
- Žihlavník, Š., Scheer, L.: Diaľkový prieskum Zeme v lesníctve. Zvolen : Technická univerzita, 2001, 222 s. ISBN 80-228-099.

**Doc. RNDr. Dagmar Kusendová, CSc., Katedra humannej geografie a demogeografie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, kusendova@fns.uniba.sk**