

Využití snímků Landsat pro detekci změn urbanizovaného území

Jan Harbula, Jakub Miřijovský

*Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky, Tř. Svobody 26,
77146 Olomouc, Česká republika; j.harbula@centrum.cz*

Abstrakt

Proces urbanizace a suburbanizace je pevně spjat s rozvojem větších sídel, zejména pak center regionů. Město Olomouc je se sto tisíci obyvateli po staletí přirozeným střediskem regionu Hané a od roku 2001 krajským městem Olomouckého kraje. Proces urbanizace města je tedy jeho přirozeným vývojem. V dnešní době, zejména od 90. let 20. stol., se začala okolí velkých měst suburbanizovat a lidé se začali stěhovat do menších obcí v blízkosti center. Tento proces suburbanizace lze odhalit pomocí satelitního mapování a digitálního zpracování obrazových záznamů. Článek se zabývá využitím satelitních snímků pro detekci změn urbanizovaných ploch Olomouckého regionu.

Klíčová slova: Landsat; urbanizace; suburbanizace; dálkový průzkum Země; DPZ; využití země

Úvod a formulace cíle

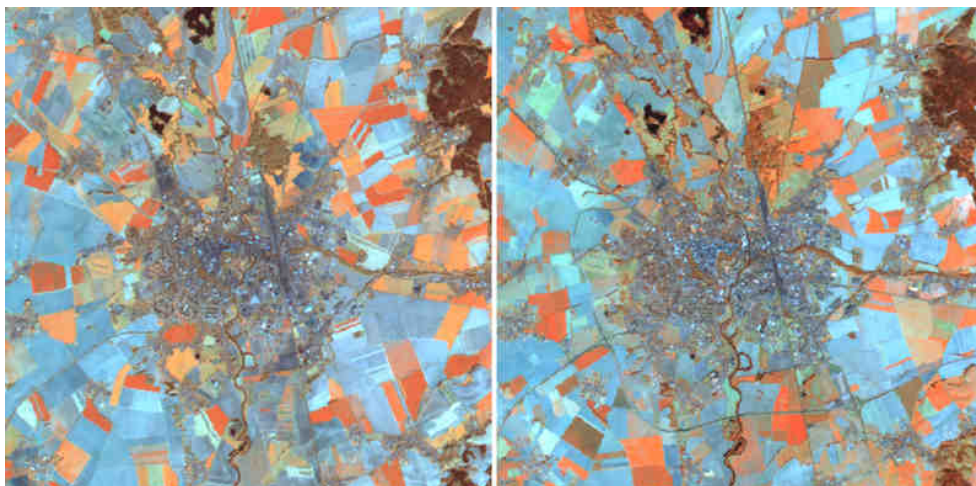
Město Olomouc je v dnešní době poměrně značně omezeno ve svém dalším rozšiřování za své hranice. Důvodem jsou úrodná půda Hané, chráněná krajinná oblast Litovelské Pomoraví a přirozená záplavová území. Z tohoto důvodu se proces urbanizace města Olomouce začíná soustředit na využití volných ploch ve vnitřní struktuře města a zároveň je podpořena suburbanizace v okolních přilehlých obcích. Pomocí metod dálkového průzkumu Země (DPZ) lze z několika časových období zachytit rozvoj města a jeho urbanizační a suburbanizační procesy. Významná je možnost využití DPZ při studiích časových změn v urbánních oblastech, kdy se využívá především možnosti sledovat vývoj určitých jevů na snímcích z různých časových období [1].

Změnami ve využití krajiny příměstského pásu Brna a jeho nejdynamičtější oblasti, konkrétně jeho jižním a severním okrajem, se pomocí metod DPZ ve své práci zabývali [2] a [3]. Využití země na území Moravské Ostravy sledoval [4] a dynamikou rozvoje města s využitím distančních dat se zabýval [5].

Cílem této studie bylo na základě dat z družicových snímků identifikovat a kvantifikovat změny urbanizovaného území související s procesy urbanizace a suburbanizace Olomouckého regionu za období let 1986 – 2009.

Materiál a metody

Pro zpracování byly použity snímky z družice Landsat 5, senzoru Thematic Mapper. Z volně přístupných veřejných serverů [6] a [7] bylo vybráno a staženo šest snímků z přibližně stejného podzimního období, pořízené v přibližně stejných časových intervalech od sebe: 1986, 1990, 1994, 2000, 2006 a 2009. Vizuální porovnání stavu území mezi lety 1986 a 2009 lze provést na obr. 1.



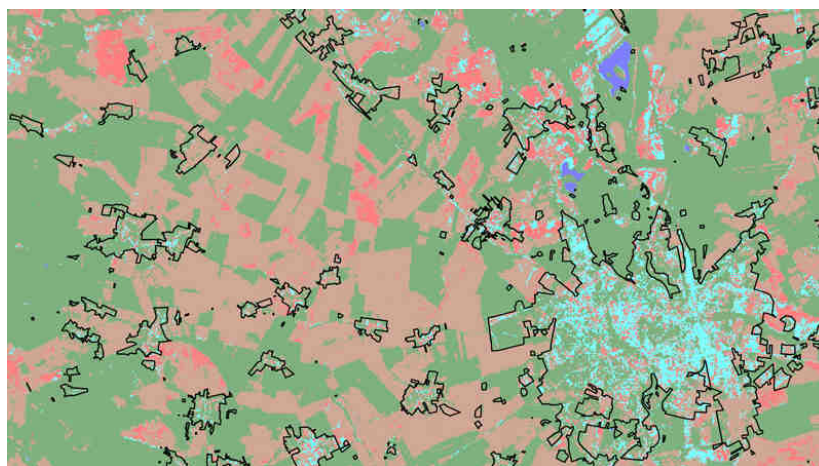
Obr. 1 Snímky zájmového území z let 1986 (vlevo) a 2009 (vpravo) ukazují nárůst urbanizované plochy v Olomouci a jejím okolí (barevná kompozice 4-5-7/NIR-SWIR-TIR).

Zájmové území je představováno mírně modifikovaným správní územím obce s rozšířenou působností Olomouc. Pro samotné statistické hodnocení a kvantifikaci výsledků bylo použito výřezu, stanoveného na základě aktuálního stavu zastavěného území s rozšířením o nárazníkovou zónu o šířce 300 m pro možnost detekce změn v jeho těsném okolí.

Proces digitálního zpracování obrazu začíná předzpracováním obrazu [8] (upraveno). Pro proces georeferencování bylo pro každý snímek nasbíráno 7 – 8 párů vlíčovacích bodů. Tento počet je pro zvolený model využívající polynomickou transformaci 2. řádu podle [8] dostačující. Pro detekci změn dvou snímků bylo vhodné zvolit jeden snímek za referenční a další obrazy transformovat pomocí registrace k tomuto referenčnímu snímku. Z hlediska identifikace vlíčovacích bodů byl za referenční snímek zvolen nejmladší obraz, tedy z roku 2009 a to zejména z důvodu snadné dostupnosti referenčních dat. Výsledná RMS chyba nepřesáhla v případě rektifikace žádného snímku 0,5 pixelu, tedy ne více než 15 m.

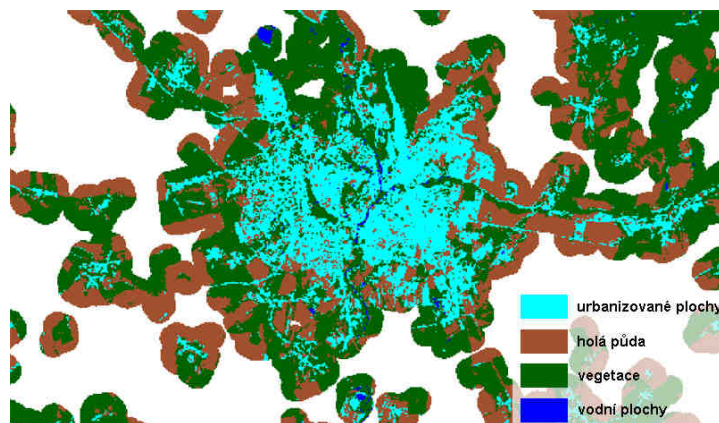
Proces extrahování informace ze snímku lze obecně rozdělit na vizuální a automatickou. Vzhledem k množství zpracovávaných snímků byla pro účely práce využita automatická klasifikace. Pro účely sledování změn urbanizovaného území byla stanovena

legenda o čtyřech klasifikačních třídách: vodní plochy, vegetace, urbanizované plochy a holá půda. V první fázi byla vyzkoušena řízená klasifikace, jejíž výpočet využívá uživatelem vytvořené trénovací plochy. Výsledky však nebyly uspokojivé z důvodu příliš velké chyby v klasifikaci dvojic kategorií holá půda – urbanizované plochy a vodní plochy – vegetace (zalesněné oblasti). Ukázka chybné klasifikace snímku z roku 1994 je na obr. 2.



Obr. 2 Červené plochy představují chybně klasifikované pixely na snímku z roku 1994.

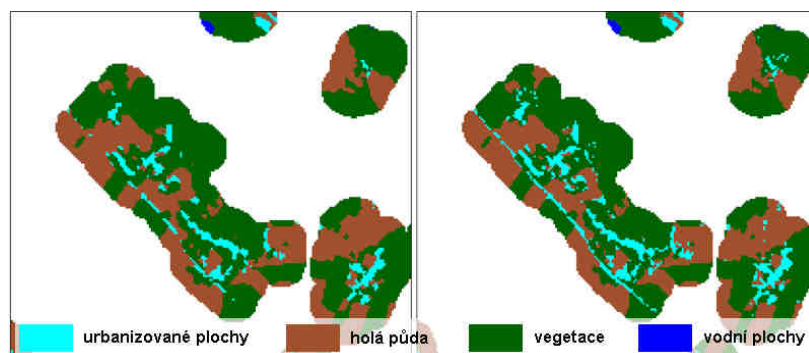
Vzhledem k neuspokojivým výsledkům řízené klasifikace bylo přistoupeno k metodě neřízené klasifikace. V první fázi bylo nastaveno rozřazení do 15 klasifikačních tříd. Výsledek klasifikace ale vykazoval podobné chyby jako výsledky klasifikace řízené. Pokud výsledek klasifikace není uspokojivý a dochází k záměně některých tříd, je třeba opakovat proces s nastavením většího počtu klasifikačních tříd [9]. V další fázi byl proto navyšován počet klasifikačních tříd, nejprve na 25, poté na 50 a nakonec bylo stanoveno 200 klasifikačních tříd. Zároveň byl zvýšen konvergenční práh procentuálního zastoupení stabilních pixelů na hodnotu 99 %. Tento postup přinesl adekvátní a uspokojivé výsledky, které byly následně reklasifikovány do čtyř kategorií dle legendy. Obr. 3. zobrazuje výsledek klasifikace a následné reklasifikace pro snímek z roku 1990 ořezaný podle zájmového zastavěného území.



Obr. 3 Ukázka klasifikovaného snímku z roku 1990.

Protože výsledek klasifikace obsahuje řadu osamocených chybně zařazených pixelů, je vhodné výsledný klasifikovaný obraz shladit pomocí nízkofrekvenčních shlazovacích filtrů [9]. Pro postklasifikační úpravy byl zvolen majoritní filtr o dvou variantách velikosti filtračního okna: 3x3 a 5x5 pixelu. Často však byly některé osamocené pixely naopak zařazeny správně a tedy nebylo vhodné o tyto pixely shlazením přijít. Z filtračního procesu proto byla vyjmuta třída urbanizovaných ploch. Rozdíl mezi shlazeným obrazem s aplikací na urbanizované plochy a bez aplikace na tyto plochy je patrný z obr. 4.

Všechny tři varianty klasifikovaného obrazu byly porovnány a zhodnoceny z hlediska přesnosti klasifikace pomocí chybové matice. Hodnocení proběhlo na náhodně rozmístěných bodech, kterých v zájmovém území aktuálně zastavěného území leželo 165. Výsledky hodnocení přesnosti klasifikace uvádí tab. 1. V tabulce nejsou uvedeny výsledky klasifikace snímku z roku 1994, který byl pro příliš velké chyby z analýzy vyloučen. Vzhledem k hodnocení přesnosti klasifikace byl výsledek shlazení pomocí filtračního okna o velikosti 3x3 pixely vybrán jako nejpřesnější a vstoupil do závěrečného statistického hodnocení.



Obr. 4 Úsek rychlostní silnice a odlehlá zástavba v obcích shlazená po aplikaci standardního majoritního filtru 3x3 (vlevo) a zachovaná po vynechání aplikace filtru na kategorii urbanizovaných ploch.

Tab. 1 Výsledky hodnocení přesnosti klasifikace

Rok	Bez shlazení	Shlazení 3x3	Shlazení 5x5
1986	78,79 %	78,79 %	78,79 %
1990	87,88 %	88,48 %	87,88 %
2000	83,03 %	82,42 %	81,21 %
2006	87,88 %	87,88 %	86,06 %
2009	88,48 %	89,70 %	87,88 %

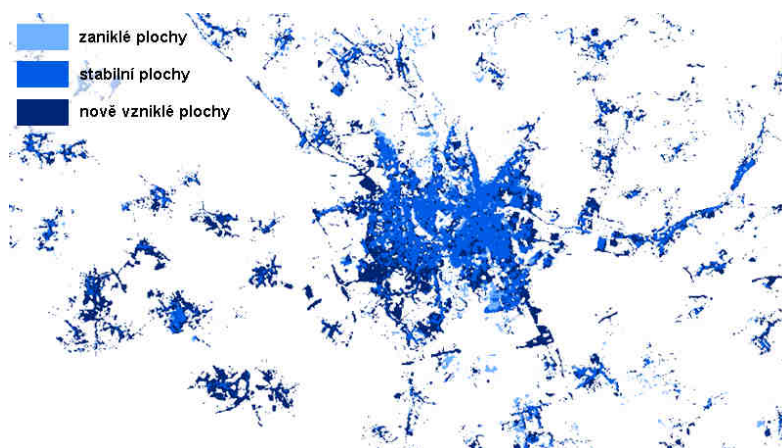
Výsledky a diskuze

Pomocí maskování byla kvantifikována plocha skutečně urbanizovaných ploch vzhledem k aktuálně definované oblasti zastavěného území. Tyto hodnoty uvádí tab. 2. a vizualizuje obr. 5. Je patrné, že v průběhu sledovaného časového období docházelo na zájmovém území k postupnému rozšiřování urbanizovaných ploch z původních 28,67 km² v roce 1986 na téměř dvojnásobných 51,68 km² v roce 2009. Jediný úbytek byl zaznamenán mezi lety 2006–2009, přičemž tento fakt je ovlivněn vyšší chybou klasifikace. Největší nárůst urbanizovaných ploch tak byl zaznamenán mezi lety 1986–1990, kdy tyto změny způsobila zejména bytová panelová výstavba na jižním a západním okraji Olomouce. Velmi malé změny v rozloze urbanizovaných ploch lze očekávat mezi lety 2006–2009 a to i přes zmiňovanou chybu klasifikace v roce 1996. K nejvýraznějším změnám v Olomouci patří již zmiňovaná výstavba sídlišť, ale také stavba jižního dálničního obchvatu a nákupních center na okrajích města a dále rozvoj průmyslových zón na východním okraji města.

Z hlediska suburbanizačního procesu ovlivňujícího zejména přilehlé obce v okolí Olomouce je nejvýraznější změnou nárůst urbanizovaných ploch na západ od Olomouce, jmenovitě se jedná např. o obce Hněvotín, Lutín, Slatinice, Slatinky či Olšany. Porovná-li se území aktuálně zastavěné a území klasifikované pomocí metod DPZ jako skutečně urbanizované, vykazují výsledky téměř 35 % rozdíl v ploše skutečně urbanizovaných ploch.

Tab. 2 Vývoj rozlohy urbanizovaných ploch na Olomoucku v letech 1986–2009

Rok	1986	1990	2000	2006	2009
Rozloha (km ²)	28,67	38,40	44,19	58,00	51,68



Obr. 5 Změny urbanizovaných ploch mezi lety 1986–2009 (světle modré – zaniklé, modré – stabilní, tmavě modré – nově vzniklé)

Klasifikace je vždy zatížena určitou mírou nepřesnosti. Další zvýšení klasifikačních tříd by jistě přineslo ještě lepší a přesnější výsledky. Výsledná přesnost výsledků by ovšem nebyla přínosná natolik, aby se vyplatila vzhledem k náročnosti zpracování, zejména časové. V hodnocení výsledků je uvažováno s přibližně stejnou chybou v případě klasifikace všech snímků a proto relativní porovnání hodnot je považováno za poměrně přesné.

Závěr

V práci byly použity metody zpracování obrazu pro detekci urbanizovaného území. Při klasifikaci byly zjištěny problémy v odlišení kategorií urbanizovaných ploch a holé půdy. Z toho důvodu bylo přistoupeno k neřízené klasifikaci na 200 klasifikačních tříd. Na klasifikovaný obraz byl aplikován majoritní shlazovací filter o velikosti filtračního okna 3x3 pixely, který byl pomocí chybové matice zhodnocen jako nepřesněji klasifikovaný.

V práci byly detekovány urbanizované a suburbanizované plochy, identifikovány a kvantifikovány jejich změny. Analýza ve sledovaném časovém období mezi lety 1986 a 2009 prokázala setrvalý nárůst urbanizovaných ploch na Olomoucku, převážně v okrajových částech města Olomouce. V rámci vnitřní struktury města jsou velmi stabilní plochy historických městských parků a okrajových částí orné půdy a záplavových území.

Identifikace urbanizační struktury venkova a tedy proces suburbanizace byl vysledován zejména v obcích západně od Olomouce. Vnitřní struktura obcí neprodělal vážnějších patrných změn, pouze byla v důsledku suburbanizace zvýšena rozloha urbanizovaných ploch.

Seznam použité literatury

- [1] Goláš J. (1999) Analýza územního rozvoje města Třebíč pomocí materiálů DPZ. Diplomová práce. Masarykova Univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie, Brno.
- [2] Petrová A. (1996) Zjišťování změn krajiny s využitím materiálů dálkového průzkumu Země (na území jižního okraje Brna). Diplomová práce. Masarykova Univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie, Brno.
- [3] Matuška P. (1997) Zjišťování změn v krajině s využitím materiálů dálkového průzkumu Země (na území Brna). Diplomová práce. Masarykova Univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie, Brno.
- [4] Linart T. (2004) Změny využití krajiny v oblasti Moravské Ostravy. Diplomová práce. VŠBTU Ostrava, Geologická fakulta, Institut geoinformatiky, Ostrava.
- [5] Závodník P. (2004) Využití technologie DPZ při monitoringu dynamiky rozvoje města Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky, Olomouc.
- [6] USGS Global Visualization Viewer [Citované: 17. března 2008] <<http://glovis.usgs.gov/>> .
- [7] GLCF: Earth Science Data Interface [Citované: 17. března 2008] <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>
- [8] Dobrovolný P. (1998): Dálkový průzkum Země, digitální zpracování obrazu. Masarykova Univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie. Brno.
- [9] Lillesand T. M., Kiefer R.W., Chipman J.W. (2003). Remote Sensing and Image Interpretation, 5. vydání., Wiley, New York.