

Současné metody extrakce objektů z dat dálkového průzkumu

Země

Ing. Jiří Kratochvíl¹

Katedra geomatiky ČVUT v Praze

Abstrakt

Tento článek se zaměřuje na zmapování v současnosti používaných a vyvíjených metod získávání objektů z dat dálkového průzkumu Země (DPZ). V našem případě se pojmem data DPZ rozumí především digitální letecké snímky, které mohou být kombinovány například s daty leteckého laserového skenování. V úvodu je nastíněna možná použitelnost dat DPZ v souvislosti s katastrem nemovitostí. Další část popisuje data, která se nejčastěji používají jako vstupní data pro extrakci objektů. Zároveň jsou popsány i některé produkty DPZ dostupné v České republice. Důležitou část článku tvoří přehled několika konkrétních výzkumů, které se zaměřují na zpracování dat DPZ. Na závěr jsou stručně zhodnoceny možné přínosy zmíněných článků pro výzkum hledání chyb v katastrální mapě pomocí dat DPZ.

Úvod

V posledních letech dochází k prudkému rozvoji DPZ jak ve světě, tak i v České republice. Jeho produkty jsou čím dál přesnější a tím se rozšiřuje i jejich použitelnost v různých společenských odvětvích. V České republice patří mezi nejdůležitější produkty DPZ v posledních letech pravidelná tvorba a aktualizace Ortofota České republiky a letecké laserové skenování celého území České republiky. Od roku 2010 se pro ortofoto začalo snímkovat území pomocí digitální kamery, což má pozitivní vliv na výslednou přesnost ortofota. Další důležitý vliv na zpřesnění ortofota mají data leteckého laserového skenování. Pomocí dat leteckého laserového skenování se vytváří přesnější digitální model reliéfu, který je rovněž využíván při tvorbě ortofota. Průzkumem byla zjišťována absolutní polohová přesnost ortofota s rozlišovací schopností 0,25 m a bylo dosaženo hodnoty 0,23 m [1] [2]. Taková přesnost je nezanedbatelná a otevírá možnosti využití ortofota v souvislosti s katastrem nemovitostí, konkrétně s katastrální mapou. Samotné ortofoto zřejmě nikdy nebude schopné nahradit katastrální mapu, neboť katastrální mapa je obrazem právních vztahů, které může být často velmi obtížné (nebo nemožné) z ortofota zjistit (některé hranice

¹ Ing. Jiří Kratochvíl, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra geomatiky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel +420 22435 4954, jiri.kratochvil.1@fsv.cvut.cz

polí, lesních pozemků, atd.). Na druhou stranu však existují objekty, které se v katastrální mapě evidují a zároveň se dají v ortofotu identifikovat poměrně lehce (některé budovy, komunikace, atd.). Proto má smysl věnovat se výzkumu hledání chyb v katastrální mapě pomocí dat DPZ. Cílem výzkumu je dokázat detekovat v katastrální mapě např. systematické chyby, kdy je v daném území mapa posunuta o několik metrů v určitém směru. Dále by pak měly být odhaleny případy, kdy došlo při tvorbě digitální mapy k hrubým chybám při měření a výsledná katastrální mapa tudíž neodpovídá realitě. Potenciální chyby však nemusí být vždy opravdu chybami, neboť, jak již bylo dříve zmíněno, tak katastrální mapa je především obrazem právních vztahů, a tak mohou být některé objekty, které se jeví laikovi na první pohled jako jasná chyba, z hlediska katastru nemovitostí v pořádku. Proto není cílem tohoto výzkumu přímo opravovat katastrální mapu podle ortofota, ale pouze se pokusit poukázat na místa, kde by se mohly potenciálně vyskytovat chyby. Tím by se výrazně snížila náročnost hledání možných chyb v katastrální mapě. Na kontrolování katastrální mapy celého území České republiky není a v nejbližší době zřejmě ani nebude v katastru nemovitostí dostatek finančních prostředků. Avšak zkontrolovat pouze místa podezřelá z chyby je samozřejmě mnohem méně časově náročné než prohledávat celou republiku. Pokud by se podařilo odhalit území s vysokým výskytem chyb v katastrální mapě, potom by tato území mohla být přednostně zařazena mezi katastrální území určená k obnově operátu novým mapováním.

Zjištění chyb v katastrální mapě se bude provádět na základě porovnání vektorových podob katastrální mapy (DKM, KMD, KM-D) a vektorové mapy získané z ortofota. Katastrální mapy ve vektorovém formátu jsou ke dni 31.08.2014 k dispozici již na 81,7% území České republiky a digitalizace stále pokračuje [3]. Ortofoto České republiky je k dispozici pouze v rastrové podobě, a proto dříve, než dojde k samotnému porovnávání vektorových map, je nutné se nejprve zaměřit na možnosti tvorby vektorového modelu z rastrového ortofota. Podle katastrálního zákona [4] se pozemky evidované v katastrální mapě člení podle druhu na ornou půdu, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, trvalé travní porosty (dále jen "zemědělské pozemky"), lesní pozemky, vodní plochy, zastavěné plochy a nádvoří a ostatní plochy (do ostatních ploch patří například silnice a železnice). Cílem první části našeho výzkumu je pokusit se získat analýzou ortofota a dalších dostupných dat DPZ co nejvíce výše zmíněných prvků ve vektorové podobě a s co možná nejvyšší přesností. Před zahájením vlastního zpracování je vhodné se seznámit s již existujícími výzkumy s podobnou tematikou, které mohou sloužit jako zdroj důležitých informací. Hlavním smyslem tohoto článku je tedy představit některé výzkumy, které se věnují získávání informací z dat DPZ na univerzitách po celém světě.

Vstupní data

Pro co nejpřesnější výsledky jsou ve světě k dispozici různé druhy dat a produktů DPZ a fotogrammetrie. Konkrétně se často využívají letecké měřické snímky (jak digitalizované analogové, tak i digitální snímky), ortofoto (barevné i černobílé), satelitní snímky, data leteckého laserového skenování, digitální modely terénu (DMT), digitální modely povrchu (DMP), normalizovaný digitální model povrchu² (nDMP) a další. Kvalita vstupních dat má veliký vliv na kvalitu celého zpracování. V České republice je možné využít produktů ČÚZK a Zeměměřického úřadu, které postupně mapují celé území státu, a to: ortofoto ČR s velikostí pixelu 0,25 cm a data leteckého laserového skenování s hustotou přibližně 1 bod na m². Z dat leteckého laserového skenování jsou vytvářeny modely výškopisu a to: Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G), Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) a Digitální model povrchu České republiky 1. generace (DMP 1G). Pro případné testovací výzkumy mohou být vhodná i data z menších území, která jsou snímána soukromými firmami. Taková data mohou vykazovat i menší velikost pixelu než 0.25 cm a hustotu bodů větší než 1 bod na m², u leteckého laserového skenování.

Konkrétní výzkumy

Na Institutu DPZ a GIS na Pekingské Univerzitě v Číně probíhal výzkum, který se zabýval získáváním informací z dat DPZ pomocí objektově orientované klasifikace satelitních snímků [5]. Podkladem pro zpracování byl snímek Pekingu z družice Quickbird zachycující území o rozměru 1024 m x 1024 m s prostorovým rozlišením 2,4 m. Namísto bodové klasifikace se používá objektově orientovaná, která bere v potaz nejen samotné pixely, nýbrž je seskupuje do objektů podle jejich vzájemných vztahů, barev, tvarů, velikosti, atd. Samotný výzkum probíhá v softwaru Ecognition, který nabízí širokou škálu nástrojů pro objektově orientovanou klasifikaci. Snímek byl klasifikován do pěti skupin objektů, a to: voda, vegetace, silnice, budovy a ostatní. Na závěr výzkumu je na stejném snímku provedena bodová klasifikace do stejných tříd a obě metody jsou porovnány. Z porovnání vyplývá, že objektově orientovanou klasifikací se dá dosáhnout mnohem lepších výsledků. Při objektově orientované klasifikaci bylo dosaženo průměrné přesnosti klasifikace 95%. Zatímco při klasifikaci bodové bylo dosaženo pouze průměrné přesnosti 64% [5]. Objektově orientovaná klasifikace družicových snímků se používá velice často a v různých odvětvích vědy a výzkumu. Například se používá k mapování krajinného pokryvu v neosídlených částech severní Austrálie [6] anebo k mapování polí s cukrovou třtinou v Brazílii [7].

Asi nejdetailněji se objektově orientované analýze věnuje ve svém článku [11] Tomas Blaschke z university v rakouském Salcburku. Ve svém článku popisuje nástup objektově orientované klasifikace tam, kde již nestačila do té doby nejčastěji používaná bodová klasifikace. Autor prostudoval zhruba 800 zdrojů z posledních cca 10 let, které se zaměřují na objektově orientovanou klasifikaci. Velice přehledně je zde popsány vývoje samotné metody

² Normalizovaný digitální model povrchu (nDMP) vznikne odečtením DMT od DMP a představuje model objektů na zemském povrchu.

a počtu článků zabývajících se každoročně touto tematikou. Zkoumané zdroje jsou zde také statisticky rozděleny do různých kategorií například podle použitých dat anebo podle časopisů, ve kterých byly články publikovány.

Ve Švýcarsku se také věnují objektově orientované klasifikaci dat DPZ. Konkrétně se jedná o výzkum sloužící k novému zmapování krajinného pokryvu jak v extravilánu, tak i v intravilánu. K dispozici mají podobná vstupní data jako u nás. Jako vstupní data pro klasifikaci se zde používají barevná ortofota s velikostí pixelu 0,25 m a nDMP. Normalizovaný digitální model povrchu se používá pro rozlišení prvků, které mají podobné spektrální vlastnosti, ale nacházejí se v různé výšce. Takto od sebe lze lehce odlišit například stromy a trávu anebo budovy a nádvoří. Poloautomatickou objektově orientovanou klasifikací je v Ecognitionu ortofoto snímek klasifikován do tříd: voda, budovy, stromy, tráva, pole a nepřístupné oblasti [8].

Extrakci hranic polí z dat DPZ se věnují v Německu na univerzitě v Hannoveru. Zde byla vyvinuta metoda zjišťování hranic polí. Velikou výhodou této metody je, že se jedná o metodu automatickou, a tudíž nepotřebuje žádné dodatečné editace a opravy. Motivací pro zjišťování přesných hranic polí je například fakt, že podle plochy polí jsou zemědělcům počítány dotace. Jako vstupní obrazová data byly použity letecké barevné infračervené snímky. Dále byla použita i vektorová data z databáze ATKIS³. Pole se vyskytují v extravilánu, na což se ATKIS přímo nezaměřuje. Hranice všech polí tak byly získány jako doplněk obytných ploch, lesů a vodních ploch. Podle těchto ploch byly ořezány letecké snímky, které pak byly dále zpracovány. Letecké snímky jsou pořizovány v létě, protože se předpokládá, že vegetace bude v pokročilé fázi růstu. Pole jsou oblasti s vegetací a vysokou hodnotou NDVI. Dále jsou letecké snímky segmentovány podle hodnot gradientu do potenciálních ploch jednotlivých polí. Hranice jednotlivých polí jsou extrahovány jako obrysy ploch polí. Pro doplnění hranic, které se nepodařilo extrahovat, jsou opět použita vektorová data z ATKIS. Jako hranice polí mohou být použity liniové vrstvy řek, silnic, železnic a liniové vegetace. Na závěr je tvar výsledných hranic ještě zpřesněn pomocí tzv. „Snake“ algoritmu [9].

Jedním z nejaktuálnějších témat v oblasti získávání objektů z dat DPZ je získávání hranic budov. Hranice budov mají důležitý význam i z hlediska katastru nemovitostí, neboť právě budovy jsou jednou z nejdůležitějších částí jeho obsahu. Mnoho výzkumů se věnuje zkoumání poloautomatických metod, kdy je potřeba během zpracování zapojit lidský faktor. Velmi zajímavý výzkum probíhá na univerzitě ve slovinské Lublani, kde je vyvíjena metoda automatické extrakce budov z dat DPZ. Pod daty DPZ si zde můžeme představit digitální letecké snímky s velikostí pixelu 0,08 m a data leteckého laserového skenování s hustotou 4 body na m². Vstupní data pochází ze tří testovacích území města Vaihingen v Německu, které se od sebe liší zejména hustotou zástavby. Z digitálních leteckých snímků jsou nejdříve vytvořeny DMT a také ortofoto s velikostí pixelu 0,25 m. Z dat laserového skenování je vytvořen DMP a nakonec i nDMP. Principem metody je zpracování nDMP. Nejprve jsou

³ ATKIS je německý topograficko-kartografický informační systém, který by se v našich podmínkách nejlépe dal přirovnat k databázi ZABAGED

z něj odstraněny objekty nižší než 1,5 m (takové objekty nejsou považovány za budovy) a posléze jsou odstraněny i vysoké vegetační objekty. K odstranění vysoké vegetace slouží buď NDVI anebo objektově orientovaná klasifikace. Pomocí různých morfologických operací jsou z nDMP získány obrysy budov, které jsou následně vektorizovány pomocí Houghovy transformace. Ve všech třech testovacích územích se podařilo detekovat velké množství budov a průměrná úspěšnost detekce se pohybuje okolo 90 %. Přesnost extrakce budov se dá pozitivně ovlivnit použitím dat laserového skenování při tvorbě DMT. Mimo extrahování budov se také věnují i extrahování zeleně v osídlených oblastech. K detekci zeleně se používá objektově orientovaná klasifikace. Výsledky detekce zeleně však nedosahují v osídlených oblastech takové úspěšnosti jako detekce budov [10].

Závěr

Cílem tohoto článku není popsat veškeré výzkumy ve světě zabývající se danou problematikou, ale pouze představit některé zajímavé a z nich vybrat ty, kterými se dá inspirovat v našich podmínkách. Podařilo se zjistit, že v posledních letech došlo k výraznému rozvoji a vylepšení metod pro získávání informací z dat DPZ. Toto vylepšení je důsledkem intenzivních výzkumů na univerzitách po celém světě a také dostupností stále přesnějších dat DPZ. Pro další výzkum nemá smysl zabývat se daty družicovými, neboť nedosahují dostatečné přesnosti, aby byly použitelné v souvislosti s katastrální mapou. Největší potenciál z výše zmíněných metod představuje metoda extrakce hranic budov. Do budoucna se autor zaměří na přizpůsobení výše zmiňovaných metod dostupným datům a prakticky je vyzkoušet na územích, kde se vyskytují chyby v katastrální mapě.

Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS ČVUT číslo SGS14/050/OHK1/1T/11 „Extrakce informací z dat dálkového průzkumu Země a analýza urbanistického a dopravního vývoje, využití území a procesů pozemkových úprav vybraných lokalit“.

Použité zdroje

- [1] BRÁZDIL, Karel. *Technická zpráva k ortofotografickému zobrazení území ČR, ortofoto České republiky* [online] . 2012 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(hgsqzm3zbtlw11ydxlvjpf1\)\)/Dokumenty/TZ_Ortofoto_CR.pdf](http://geoportal.cuzk.cz/(S(hgsqzm3zbtlw11ydxlvjpf1))/Dokumenty/TZ_Ortofoto_CR.pdf)
- [2] ŠÍMA, Jiří, *O skutečné přesnosti ortofotomap* [online]. Geobusiness 2012-07-12. [cit. 2014-10-10]. Dostupné z: <http://www.geobusiness.cz/2012/07/o-skutecne-presnosti-ortofotomap/>

- [3] ČÚZK. *Digitalizace katastrálních map* [online]. [cit. 2014-10-11]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/Digitalizace-a-vedeni-katastralnich-map/Digitalizace-katastralnich-map/Digitalizace-katastralnich-map.aspx>
- [4] *Katastrální zákon* [online], 2014-01-01, [cit. 2014-10-11], Dostupné z: <http://zakony-online.cz/?s24&q24=all>
- [5] WENXIA, Wei; XIUWAN, Chen; AINAI, Ma, *Object-oriented information extraction and application in high-resolution remote sensing image*, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05. Proceedings. 2005 IEEE International , vol.6, no.,(pp.3803-3806), 25-29 July 2005
- [6] WHITESIDE, T., AHMAD, W. *A comparison of object-oriented and pixel based classification methods for mapping land cover in North Australia*. 2005. Proceedings of Spatial Science Institute Biennial Conference SSC2005. Spatial Intelligence, Innovation and praxis: The national biennial Conference of the Spatial Science Institute. (pp. 1225–1231) Melbourne, Australia: Spatial Sciences Institute.
- [7] VIEIRA, Matheus Alves; FORMAGGIO, Antonio Roberto; RENNÓ, Camilo Daleles; ATZBERGER, Clement; AGUIAR, Daniel Alves; MELLO Marcio Pupin . *Object Based Image Analysis and Data Mining applied to a remotely sensed Landsat time-series to map sugarcane over large areas*. Remote Sensing of Environment, Volume 123, August 2012, (pp. 553–562)
- [8] HARAYAMA, Akiko; JAQUET, Jean-Michel, *Multi-source object-oriented classification of landcover using very high resolution imagery and digital elevation model*, EnviroInfo 2004 (Geneva), Sh@ring – EnviroInfo 2004, Editions du Tricorne 2004. ISBN: 28 29 30 275-3, (pp. 337-341)
- [9] BUTENUTH, M.;STRAUB, B. M.;HEIPKE, C. (2004): *Automatic Extraction of Field Boundaries from Aerial Imagery*. KDNet Symposium "Knowledge Based Services for the Public Sector". Workshop 3 "KD for Environmental Management". Bonn, 2004
- [10] GRIGILLO, D.; KANJIR U. *Urban object extraction from digital surface model and digital Aerial images*, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-3, 2012 XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia, (pp. 215-220)
- [11] BLASCHKE Tomas, *Object based image analysis for remote sensing*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65 (2010), (pp. 2-16)