

KLASIFIKÁCIA LESNÝCH PORASTOV S VYUŽITÍM PRAVÝCH A TRADIČNÝCH ORTOFOTOSNÍMOK

Miriama KURČÍKOVÁ¹, Jakub SOLANKA²

¹ Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53, Zvolen, Slovensko, xkurcikova@tuzvo.sk

² Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53, Zvolen, Slovensko, xsolanka@tuzvo.sk

Abstrakt

Aktuálny technologický rozmach výrazne ovplyvňuje možnosti digitálnej fotogrametrie. Vysoké priestorové rozlíšenie a spektrálne vlastnosti leteckých meračských snímok ponúkajú oveľa sofistikovanejšie možnosti spracovania a analýzy obrazu. Práca sa zaoberá využiteľnosťou tradičných a pravých ortofotosnímkov pre objektovo orientovanú klasifikáciu lesných porastov. Cieľom je stanovenie využiteľnosti automatickej klasifikácie na identifikáciu hraníc lesných porastov a zhodnotenie vplyvu vstupných údajov na výsledok klasifikácie. Klasifikácia lesného porastu sa vykonala na pravých a tradičných infračervených ortofotosníkoch s priestorovým rozlíšením 20cm. Správnosť klasifikácie bola overená na základe priebehu hraníc a výmery zistenej pomocou stereomodelu. Dosiahnuté výsledky preukázali, že v prípade využitia pravej ortofotosnímkov na objektovo orientovanú klasifikáciu pre identifikáciu lesných pozemkov sú dosahované presnejšie výsledky.

Abstract

The current technological expansion significantly influenced the possibilities of digital photogrammetry. High spatial resolution and spectral characteristics of aerial survey images offer much more sophisticated processing capabilities and image analysis. This paper deals with the utility of traditional and true orthophotos for object-oriented classification of forest stands. The aim is to determine utility of automated classification to identify the boundaries of forests and assess the impact of input data on the classification result. Classification of forest cover was done on the true and traditional infrared orthophotos with 20 cm spatial resolution. Accuracy of classification was evaluated on the basis of continuance of the border and area of the forest stand detected using stereo models. The obtained results showed that in the case of using the true orthophotos for the object-oriented classification for identification of forest land more accurate results are achieved.

Kľúčové slová: ortofotosnímkov, pravá ortofotosnímkov, klasifikácia.

Keywords: orthophoto, true orthophoto, classification

1 ÚVOD

Súčasnú dobu môžeme charakterizovať aj ako dobu nekončiaceho sa technického a technologického pokroku. Každý rok sme konfrontovaní s neustálymi novinkami v oblasti hardvéru a softvéru vo všetkých odvetviach. Oblasť geodézie a fotogrametrie nie je výnimkou. Je nepopierateľné, že nástup nových technológií do oblasti fotogrametrie priniesol obrovský pokrok v kvalite a presnosti vyhodnotenia ako aj racionalizáciu práce. [2]

Letecké meračské snímky a taktiež z nich vytvorené pravé ortofotosnímkov v súčasnosti dosahujú priestorové rozlíšenie až 0,1 metra, čím sa stávajú neoceniteľným zdrojom kvantitatívnych, ale najmä kvalitatívnych informácií. Na úplnú extrakciu takýchto informácií už nepostačujú metódy založené na pixel orientovanom prístupe. Do popredia sa preto čoraz viac dostávajú klasifikácie založené na objektoch. Objektovo orientovaná klasifikácia odstraňuje tzv. efekt soli a korenia, ktorý je výsledkom pixel orientovanej klasifikácie. Výsledok klasifikácie pri objektovo orientovanom prístupe je obraz, ktorý najviac korešponduje s

vnímaním skutočných javov človekom. Do klasifikácie tohto typu je možné zapracovať ďalšie údaje ako rôzne druhy máp, výškové profily a iné, vďaka čomu sa klasifikácia stáva ešte efektívnejšia. Spomenutú metódu možno úspešne aplikovať v poľnohospodárstve napr. na klasifikáciu degradovaných pôd. V lesníctve napr. pri monitorovaní odumierania lesa. V odvetviach týkajúcich sa urbanizmu sa ľahko dajú určiť zastavané plochy, sledovať dynamiku javov. [13]

Prepojením získaných kvalitných vstupných ortofotosnímkov s efektívnymi spôsobmi spracovania obrazu môžeme v súčasnosti získať jedinečné výstupy využiteľné aj pre oblasti lesníckeho mapovania. Doposiaľ publikované práce [6, 11, 13] v oblasti lesníctva sa zaoberali hlavne využitím klasifikácie pri určení drevinového zloženia a porastových charakteristík, prípadne poškodenia porastu škodlivými činiteľmi. Naším zámerom práce je preskúmanie využitia objektovo orientovanej klasifikácii pri identifikácii lesných porastov a stanovení ich hraníc, a zároveň zhodnotenie vplyvu použitých tradičných a pravých ortofotosnímkov na výsledok klasifikácie. Správnosť klasifikácie sa posúdi na základe stereoskopického určenia priebehu hranice daného lesného porastu a získanej výmery.

1 ROZBOR PROBLEMATIKY

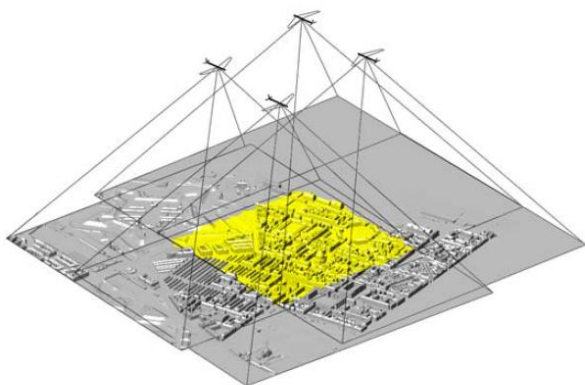
1.1 Ortofotosnímky

Ortofotosnímkou definujeme ako leteckú alebo satelitnú snímku, v ktorej pozície pixlov korešpondujú v konštantnej mierke s pozíciami na zemskom povrchu. Je vytváraná rektifikačným procesom, ktorý koriguje reliéfne posuny. Premiestňuje pixle na ich skutočné pozície [8]. Ortofotosnímka vzniká procesom diferenciálneho prekresľovania vo fotogrametrickom systéme. Pre diferenciálne prekresľovanie je potrebné mať digitálny výškový model, poznať parametre vonkajšej orientácie leteckých snímkov a taktiež je potrebné, aby digitálne snímky boli v snímkovom súradnicovom systéme. [15]

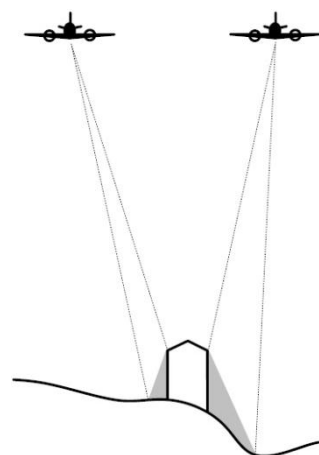
Ortofotosnímkou môžeme charakterizovať ako mierkovo jednotný raster, na ktorom boli digitálnym diferenciálnym prekresľovaním odstránené skreslenia spôsobené perspektívnym skreslením vyplývajúce z centrálnej projekcie, ktorými sú radiálne posuny a skreslenie objektívu kamery. [6]

Digitálne diferenciálne prekresľovanie predstavuje postupnú transformáciu každého bodu perspektívne skresleného štvorcového rastra (obrazových elementov) digitálnej snímky do zodpovedajúceho bodu (pixla) ortofotosnímkou pomocou perspektívnej priestorovej transformácie s využitím údajov DMT. [9]

Pravá ortofotosnímka tvorí oproti tradičnej ortofotosnímkou relatívne nový koncept. K jej tvorbe je potrebný veľký prekryt snímok, kde priečny a pozdĺžny prekryt by mal byť väčší ako 60 % (obr. 1).



Obr. 1: Letecká snímka s 60 % priečnym a pozdĺžnym prekrytom. Štyri snímky pokrývajú tú istú plochu no z rozdielnej lokality. [10]



Obr. 2: Kombinácie niekoľkých snímkov pre plné pokrytie záujmovej oblasti. [10]

Všeobecne povedané pravá ortofotosnímka je "pravá" vtedy, ak sa pokúša obnoviť všetky skryté objekty. Pravá ortofotosnímka by mala byť založená na digitálnom povrchu terénu, ktorý zahŕňa všetko, čo je

viditeľné na zdrojových snímkach. Vytvoriť ale model, ktorý by zahŕňal všetky objekty na snímkach, vrátane vegetácie, ľudí, áut by bolo neskutočne pracné a nákladné. Preto všeobecne povedané, pravá ortofotosnímka je založená na DMT, ktorý obsahuje terén, budovy a mosty. Treba si ale uvedomiť, že pravosť ortofotosnímkov je viac menej záležitosť rozsahu a možnosti jej realizovateľnosti. Stále budú existovať objekty, ktoré nie sú korektné zobrazené (napr. stromy, autá, veľmi malé a menej dôležité objekty). Z toho pohľadu je ideálna pravá ortofotosnímka fikcia. [1]

Podľa [9] "True Ortho" je technika spracovania pre kompenzáciu efektu dvojitého mapovania, pri ktorom vznikajú skryté oblasti. Skryté oblasti je možné vyplniť na základe údajov z prekrývajúcich sa leteckých fotografií, prípadne ich označiť danou farbou.

Za účelom obnovenia skrytých oblastí (blindspots), sú potrebné snímky, kde sa tieto časti nachádzajú. Tieto doplnkové obrazy môžu byť vytvorené za pomoci fotografií z rovnakej oblasti vytvorených z rôznych miest (obr. 2). Na to sa využívajú snímky s daným (vysokým) priečnym a pozdĺžnym prekrytom.

1.2 Objektovo orientovaná klasifikácia

Klasifikácia obrazu predstavuje proces zatriedovania jednotlivých pixlov do tried s použitím určitých rozhodovacích pravidiel. Klasifikácia obrazu je založená na identifikácii spektrálnych odrazových znakov jednotlivých typov objektov. Úspech závisí na existencii týchto znakov, preto sa využívajú odrazové vlastnosti rôznych typov objektov vo všetkých dostupných pásmach spektra. Využíva sa pritom skutočnosť, že rôzne typy objektov sa v rôznych oblastiach spektra rozdielne prejavujú. [14]

Pri objektovo orientovanej klasifikácii sú predmetom klasifikácie jednotlivé segmenty (objekty) predstavujúce pixle zlúčené na základe určitých parametrov. Objekty môžu byť popísané na základe ich tvaru, textúry, topológie, heterogenity a priestorového vzťahu s ostatnými objektmi [4].

Hlavným účelom objektovo orientovanej klasifikácie je poskytnúť adekvátne a automatizované metódy pre analýzu záznamov s vysokým priestorovým rozlíšením. Objektovo orientovaná klasifikácia je založená na dvoch metodických pilieroch a to segmentácii a báze pravidiel konkretizujúcich spektrálne a geometrické vlastnosti pre modelovanie tried [10].

Hlavnou výhodou objektovo orientovaného prístupu v porovnaní s tradičným postupom klasifikácie pixlov je možnosť komplexnejšieho opisu stavu porastov, a to pomocou prepojenia spektrálnych, štruktúralno-texturálnych a relačných charakteristík.

Využitím algoritmu klasifikácie na homogénne porastové textúry (objekty) je možné posúdiť ich zdravotný stav, prípadne stupeň rozpadu alebo zaznamenať procesy ich obnovy. Týmto spôsobom je možné výrazne zracionalizovať časovo a fyzicky náročné terénne práce [2].

Prvým krokom klasifikácie je segmentácia, teda delenie obrazu na súbor jednotne zlúčených, vzájomne spojených oblastí, ktoré sú viac uniformné v rámci seba s porovnaním so susednými oblasťami. Tieto oblasti (segmenty) sa neskôr dávajú do vzťahu s geografickými objektmi cez určitú objektovo orientovanú klasifikáciu [3]. Samotná segmentácia predstavuje zoskupovanie susediacich obrazových elementov (pixlov) do regiónov, segmentov, obrazových primitív a obrazových objektov. Pri segmentácii sú objekty extrahované na základe spektrálnych vlastností a štruktúry. Segmentáciu je vo všeobecnosti vykonávaná zhora nadol (top down), zdola nahor (bottom up) alebo kombináciou týchto dvoch stratégií. Pri stratégii zdola nahor sú pixle spojené do regiónov, ktoré sú zlúčené neskôr. Výsledkom prístupu zhora nadol je rozdelený obraz na veľa homogénnych regiónov [4].

2 EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

2.1 Snímkový materiál

V práci sme použili digitálne infračervené letecké meračské snímky z katastrálneho územia obce Sielnica, vyhotovené pomocou digitálnej kamery UltraCam X. Vyhotovené snímky mali nasledujúce parametre:

- Rozmer snímky: 9420 x 14430 pixelov (67,824*103,896 mm)
- Konštanta fotokamery: 100,50 mm
- Pozdĺžny a priečny prekryt: 80 x 60 %
- Úroveň spracovania: Level 3 - panchromaticky zaostrené

K vytvoreniu fotogrametrického projektu bolo použitých 67 vlícovacích bodov. Všetky body boli vopred v teréne signalizované a terestricky zamerané pomocou GNSS systému a elektronického tachymetra. Fotogrametrický projekt bol spracovaný v pravouhlom súradnicovom systéme S-JTSK-03.

2.2 Softvérové vybavenie

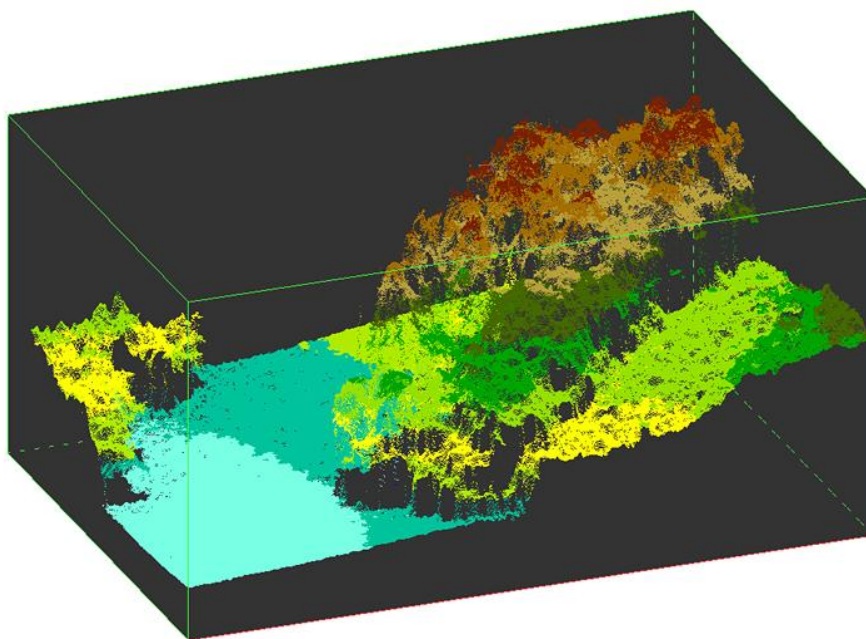
- Digitálny fotogrametrický systém INPHO 5.4 s použitím modulov: Application Master - tvorí jadro fotogrametrického systému INPHO. Zahŕňa základnú tvorbu projektu (definovanie kamery, snímok, editácia radov a blokov, vstup vlícovacích a kontrolných bodov atď.) a nástroje na jeho spracovanie a samotnú tvorbu ortofotosnímkov (MATCH-AT, MATCH-T DSM, DTMaster, Orthomaster). Modul OrthoVista - prostredie na mozaikovanie ortofotosnímkov
- eCognition Definiens Professional 5.0 – softvérové prostredie pre objektovo orientované analýzy obrazu
- Summit Evolution 6.4 – softvérové prostredie použité na stereo vektorizáciu leteckých snímok
- ArcGis 10 – rozsiahle GIS prostredie použité na vektorizáciu leteckých snímok v spolupráci so Summit Evolution a spracovanie výsledkov klasifikácie.

3 METODICKÝ POSTUP

3.1 Tvorba tradičnej a pravej ortofotosnímkov

Základným stavebným kameňom pre tvorbu ortofotosnímkov bola tvorba fotogrametrického projektu v softvéri INPHO, ktorými sa vyriešili úlohy relatívnej a absolútnej orientácie a následne boli snímky blokovo zväzkovo vyrovnané. Editáciou vlícovacích bodov sa stereomodel uviedol do požadovanej mierky a orientovali vzhľadom na príslušný geodetický súradnicový systém.

Pre samotnú ortorektifikáciu tradičných snímok sme použili digitálny model reliéfu SR tretej generácie, kde rozstup bodov dosahuje 10 metrov. Pre vyhotovenie pravých ortofotosnímkov bolo nevyhnutné vytvoriť digitálny model terénu s hustotou bodov 10 cm, kde body boli generované pre každý tretí pixel samostatne a následne boli body lineárne interpolované pre každý pixel. Tým sa dosiahlo vytvorenie extrahustého DMT (bez výškovej verifikácie) (obr. 1).



Obr. 1: Automaticky generovaný extrahustý DMT použitý pre tvorbu pravej ortofotosnímkov

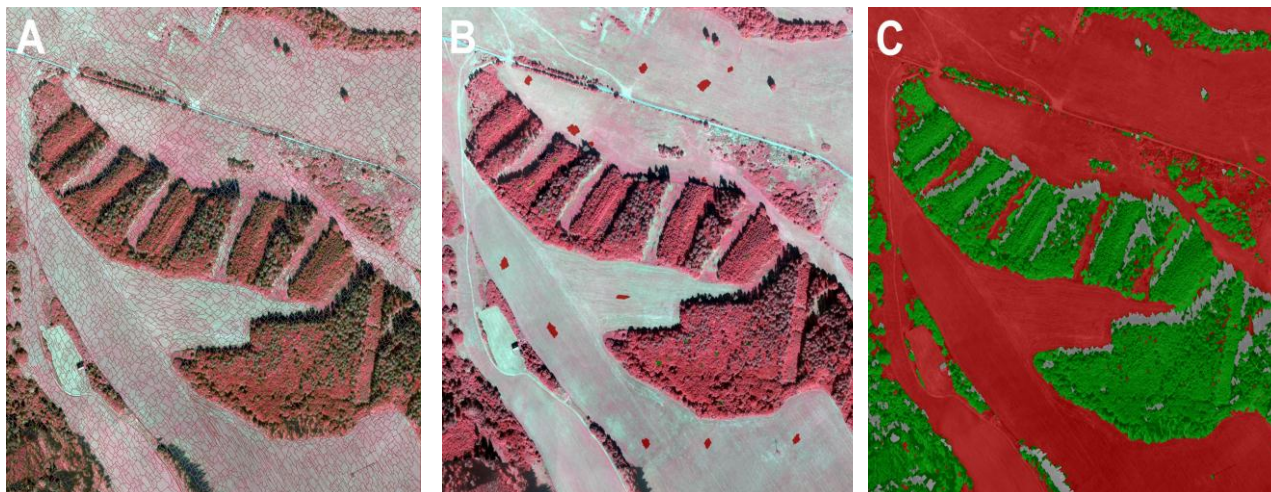
Digitálny model terénu je nepostrádateľným prvkom pri tvorbe ortofosnímkov, ktorý sa používa na ich digitálne diferencálne prekreslenie, čím sa snímka z centrálnej projekcie prekreslí do mierkovo jednotnej ortogonálnej roviny. Postup tvorby DMT pre pravú ortofotosnímkov si však vyžaduje vytvorenie špeciálneho modelu, ktorý bude verne reprezentovať všetky objekty nachádzajúce sa v záujmovom území.

Samotné digitálne diferencálne prekresľovanie leteckých meračských snímkov prebehlo v module OrthoMaster. Pre tvorbu pravých ortofotosnímkov bolo potrebné použiť 100% prekryt "orthoareas", aby sa docielilo vytvorenie ortofotosnímkov zo všetkých vstupujúcich snímkov (viacnásobne z toho istého územia), ktoré sú následne použité pre tvorbu ortofotomozaiky. Tento krok je veľmi dôležitý. V opačnom prípade by nebolo možné vytvoriť pravú ortofotomozaiku. Výsledné ortofotosnímky boli generované s rozlíšením 20 cm.

Výsledné ortofotosnímky sa mozaikovali v module OrthoVista, ktorý slúži na mozaikovanie a rádiometrické korekcie. Pre mozaikovanie je potrebné zvoliť automatické generovanie spojovacích čiar typu "feature detection", ktoré je špeciálne určené pre tvorbu pravých ortofotomáp. Prípadne je možné spojovacie čiary editovať aj manuálne v module Seam editor.

3.2 Klasifikácia obrazu

Pre vylíšenie hranice lesného porastu bola použitá objektovo orientovaná klasifikácia obrazu. Vstupné údaje pre klasifikáciu predstavovali vytvorené pravé a tradičné infračervené ortofotomozaiky. Prvým krokom v klasifikácii obrazu je segmentácia, čiže rozdelenie obrazu na samostatné menšie dielce. V práci bola použitá viacúrovňová segmentácia (Multiresolution segmentation), ktorej podstatou je zjednocovanie jednotlivých pixlov pomalými krokmi zdola hore, pričom sa zväčšujú až po dosiahnutie prahovej hodnoty, ktorá je definovaná parametrom mierky. Zjednocovanie pixlov je založené na princípe heterogenity a homogenity v rámci objektov a medzi susednými objektmi. V rámci objektu by mala byť heterogenita, čo najmenšia, so zvyšovaním parametra mierky však narastá. Homogenita je počítaná zo štyroch kritérií a to farba, tvar, kompaktnosť a hladkosť. K dosiahnutiu najlepších výsledkov segmentácie bola zvolená mierka 30, kritérium farby 0,6, tvar 0,4, kompaktnosť 0,5, hladkosť 0,5. Po úspešnej segmentácii sa pristúpilo k samotnej klasifikácii s použitím metódy najbližšieho suseda, ktorá umožňuje automatické generovanie mnohorozmerových funkcií členstva založených na vzorových objektoch (trénovacích množinách/samples). Úlohou klasifikácie bolo vytriediť z obrazu lesné porasty, lúky a tieň. Výsledky klasifikácie boli exportované do prostredia ArcGIS, kde bol vyselektovaný zájmový lesný porast.



Obr. 2: Postup objektovo orientovanej klasifikácie

- a) segmentácia obrazu
- b) vyznačenie trénovacích množín (samplov)
- c) výsledok klasifikácie

4 VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Súčasný trend je vytváranie pravých ortofotomáp a možnosť ich tvorby je už častejšie implementovaná vo fotogrametrických softvéroch. Prvým predpokladom pre správne vytvorenie pravej ortofotomapy je mať k dispozícii letecké snímky s vysokým pozdĺžnym a priečnym prekrytom, kde sú objekty (lesné porasty, budovy...) zachytené zo všetkých strán.

Hlavným cieľom predkladanej práce bolo vytvoriť tradičné a pravé ortofotosnímky z vybraného záujmového územia, stanoviť použiteľnosť jednotlivých druhov ortofotosnímkov pre automatickú objektovo orientovanú klasifikáciu a zhodnotiť možnosti identifikácie hraníc lesných porastov pomocou klasifikácie.

Správnosť objektovo orientovanej klasifikácie lesného porastu a identifikácia hraníc sa hodnotila cez vypočítané výmery lesných porastov a vizuálnym hodnotením priebehu hranice. Ako porovnávací etalón boli použité údaje zo stereoskopického vyhodnotenia hraníc lesných porastov. Predmet porovnávania tvorili výmery vyklasifikovaných polygónov na pravej a tradičnej ortofotosnímke a výmera polygónu získaná za pomoci stereo vyhodnotenia.

Z dosiahnutých výsledkov (tab. 1) vyplýva, že samotná klasifikácia podhodnocuje výslednú výmeru lesných porastov. Klasifikácia ortofotosnímkov podhodnotila skutočnú výmeru lesných porastov (získanu pomocou stereo vektorizácie) cca 1504 árov o viac ako 1,7 áru (0,11 %) v prípade pravej ortofotosnímky a necelých 9 árov (0,59 %) v prípade tradičnej ortofotosnímky.



Obr. 3: Výsledok identifikácie lesného porastu pomocou objektovo orientovanej klasifikácie na pravej ortofotosnímke

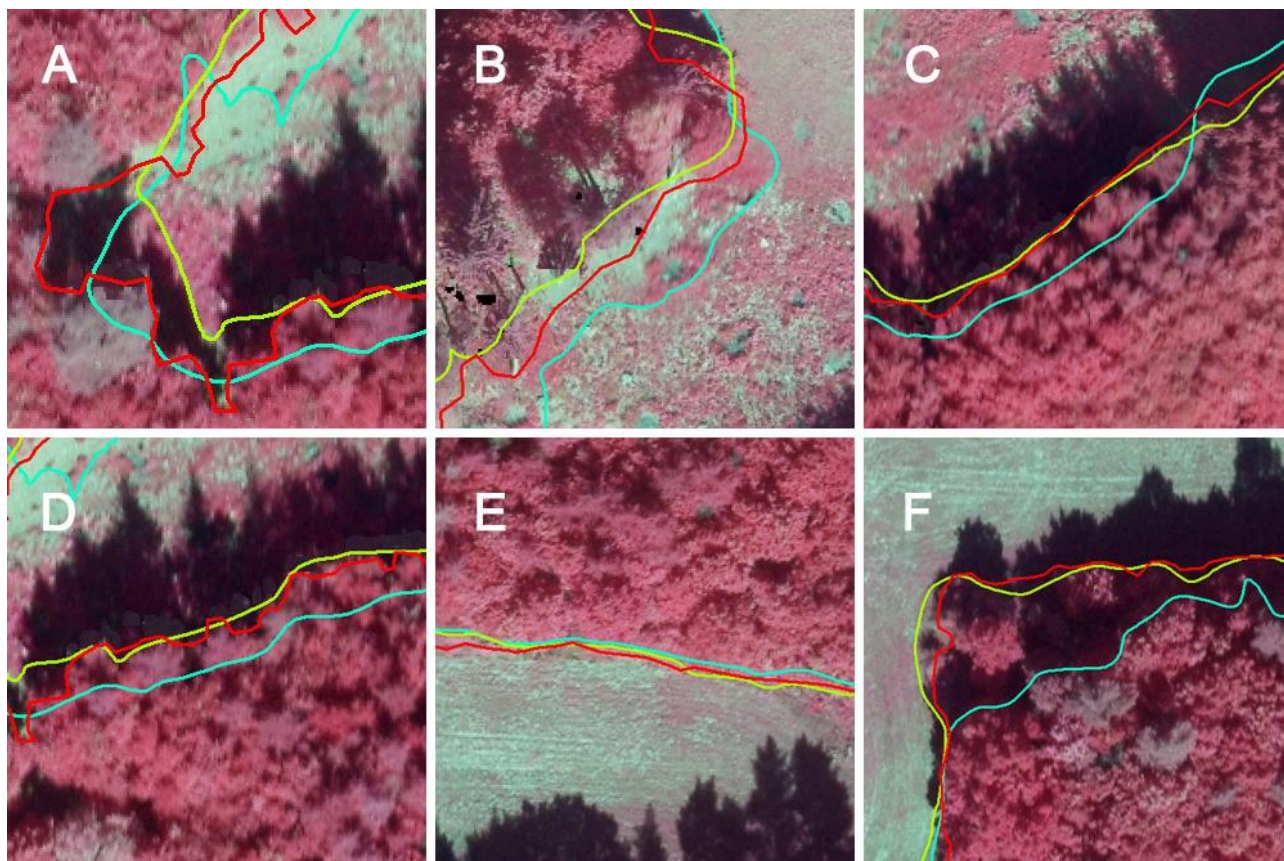
Tab. 1: Porovnanie výmer jednotlivých polygónov

Spôsob zisťovania výmery	Stereo vyhodnotenie	Pravá ortofotosnímka	Tradičná ortofotosnímka
Výmera [m ²]	150 444,739	150 273,551	149 558,289
Rozdiel [m ²]		- 171,188	- 886,450
Rozdiel [%]		- 0,11	- 0,59

Z výsledkov je teda evidentné podhodnotenie výmery v prípade identifikácie hraníc porastu pomocou klasifikácie, avšak použitie pravej ortofotosnímky výrazne znižuje tieto rozdiely.

Vizuálne hľadisko hodnotenia priebehu hraníc lesného porastu môžeme pozorovať na obr. 4. Červená čiara predstavuje hranicu získanú pomocou stereomodelu a teda jej priebeh považujeme za správny. Z jednotlivých detailov je evidentný častý a výrazný odklon priebehu hranice z klasifikácie na tradičnej ortofotosnímke. Táto hranica zasahuje často až hlboko do porastu, ako je zrejmé na detailoch C, D a F, a naopak na mnohých miestach zachytáva aj nezarastené plochy (detaily A, C). Priebeh hranice vyklasifikovanej na pravej ortofosnímke má plynulejší priebeh s porovnanou hranicou, aj keď v niektorých prípadoch boli chybné vyhodnotené tieň ako súčasť porastu (detail A). Problémom klasifikácie hranice porastu môže byť aj zatienenie okrajových drevín vedľajšími a vyššími drevinami, čo má za následok nesprávne vyklasifikovanie týchto oblastí a posunutie hranice dovnútra porastu (detail F). Toto skreslenie by bolo možné odstrániť elimináciou tieňov na snímkach voľbou vhodnejšej doby snímkovania, napr. v jarnom období počas poludnia.

Celkovo po vizuálnom zhodnotení možno konštatovať, že výsledky klasifikácie na pravých ortofotosnímках dosahujú lepšie výsledky a výsledná hranica lesných porastov sa viac približuje reálnemu stavu. Túto skutočnosť môžeme zdôvodniť tým, že pravá ortofotosnímka eliminuje radiálne skreslenie, teda vrcholy stromov sú geometricky správne umiestnené, čo zlepšuje výsledky klasifikácie.



Obr. 4: Detaily priebehu hraníc lesného porastu podľa spôsobu identifikácie (červená – stereo vyhodnotenie, zelená – klasifikácia pravej ortofotosnímky, modrá – klasifikácie tradičnej ortofotosnímky)

5 ZÁVER

Fotogrametria spolu s diaľkovým prieskumom Zeme (DPZ) je jedným z hlavných dodávateľov priestorových informácií pre GIS. Význam fotogrametrie po prechode na analytické a digitálne metódy silno vzrástol vďaka možnosti jednoduchého transportu údajov do ďalších ľubovoľných systémov. Môžeme konštatovať, že význam digitálnej fotogrametrie a DPZ ako rýchleho dodávateľa dát o lesných porastoch bude aj naďalej narastať. Tento fakt im zaisťuje dlhodobú prosperitu, čoho dôkazom je aj to, že v súčasnosti sa takmer 90 % lesníckych mapovacích prác vykonáva fotogrametrickou cestou.

Z výsledkov dosiahnutých v práci môžeme povedať, že sa preukázala využiteľnosť objektovo orientácie klasifikácie obrazu na identifikáciu hraníc lesných porastov. Zároveň bola dokázaná oveľa lepšia interpretácia výsledkov s využitím pravých ortofosnímk, kde rozdiel predstavoval iba 0,11% zo skutočne zistenej výmery.

Môžeme konštatovať, že pravé ortofotosnímky majú oproti tradičným ortofosnímkam predovšetkým tieto výhody:

- obrysy výškových objektov pri pravých ortofotosnímkach zodpovedajú skutočnosti,
- využitie v priestorovej úprave lesov v rámci hospodárskej úpravy lesov pre identifikáciu pozemkov a jednotiek priestorového rozdelenia lesov s vyššou presnosťou,
- sú vhodným materiálom pre automatickú segmentáciu a automatickú klasifikáciu v objektovo orientovaných softvéroch, pretože objekty sú geometricky správne umiestnené (napr. automatická klasifikácia drevinového zloženia porastov, detekcia odumierania stromov pri hromadnom hynutí smrečín, klasifikácia biotopov atď.),
- pravé ortofotosnímky sú výborne použiteľné spolu s DMT pre 3D vizualizácie,
- zviditeľňujú oblasti ktoré na klasických ortofotosnímkach nie sú viditeľné čo využijú predovšetkým jednotky krízového riadenia, zdravotná záchraná služba, hasiči, verejná správa a ďalší,

- využitie v presných GIS systémoch, hlavne pri správe mesta, kde perspektívne skreslenie objektov je vážnou prekážkou,
- pre kontrolu a detekciu zmien (porovnávací podklad bude rovnaký a nebude závisieť od pozície kamery pri snímkovaní).

Tieto výsledky prinášajú šancu pre zefektívnenie tradičných postupov identifikácie porastov a úsporu času pri náročných terénnych meraniach. V budúcnosti sa je taktiež možné zaoberať objektovo orientovanou klasifikáciou hraníc lesných porastov za využitia kombinácie infračervených pravých ortofotosnímkov a údajov získaných z leteckého laserového skenovania.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] AMHAR, F. The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM. In: GIS-Between Wisions and Applications. Stuttgart : International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1998.
- [2] BUCHA, T. – VLADOVIČ, J. – JURIŠ, M. – BARKA, I. Aplikácie diaľkového prieskumu Zeme využiteľné v prácach HÚL. [online]. [cit. 2013-27-3] Dostupné na internete:<<http://www.nlcsk.sk/files/1590.pdf>>
- [3] CASTILLA, G. – HAY, J. G. 2008. Image objects and geographic objects. In Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Object – Based Image Analysis, Berlin Heidelberg: Springer, 2008. ISBN 978-3-540-77057-2. p. 91 – 111
- [4] GAO, J. 2009. Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery. New York:McGraw Hill Professional, 2009. 645 s. ISBN 978-0-07-160466-6
- [5] HALVOŇ, Ľ. Posúdenie presnosti vyhodnotenia leteckých meračských snímok metódami digitálnej fotogrametrie pri lesníckom mapovaní. Autoreferát dizertačnej práce. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011, 28 s.
- [6] HEURICH, M. – OCHS, T. – ANDRESEN, T. – SCHNEIDER, T. 2009. Objectoriented image analysis for the semi-automatic detection of dead trees following a spruce bark beetle (*Ips typographus*). [online]. [cit. 2013-22-03]. Dostupné na internete: <<http://www.springerlink.com/content/3t5x626355243r0p/>>
- [7] KARDOŠ, M. – CHUDÝ, F. Problematika tvorby klasických a pravých digitálnych ortofotosnímkov. In: Lesnícka geodézia a fotogrametria – trendy : sympóziu s medzinárodnou účasťou : zborník referátov. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2008. s. 101-111. ISBN 978-80-228-1949-7
- [8] KARDOŠ, M. Nové trendy využitia fotogrametrie v lesníckom mapovaní. Dizertačná práca, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 103 s.
- [9] KUZMIN, Y., at al. Polygon-based true orthophoto generation. Proceeding of the 20th ISPRS congress, 2004.
- [10] LANG, S. 2008. Object-based Image Analysis for Remote Sensing Applications: Modeling Reality – Dealing with Complexity. In Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Object – Based Image Analysis. Berlin Heidelberg: Springer, 2008. ISBN 978-3-540-77057-2, p. 3-29
- [11] MAJLINGOVÁ, A. 2007. Digitálna obrazová analýza dát DPZ s vysokým priestorovým rozlíšením a jej využitie v lesníctve. [online]. [cit. 2013-27-03]. Dostupné na internete: <http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2007/sbornik/Referaty/Sekce2/majlingova.pdf >
- [12] NIELSEN, Ø., M. True orthophoto generation. Lyngby : Technical University od Denmark, 2004. 126 s. ISSN 1601-233X
- [13] STANKOVÁ, H. – ČERŇANSKÝ, J. 2004. Objektovo-orientovaná klasifikácia krajinej pokrývky oblasti Chopok-Jasná. In Kartografické listy. No.12, s. 104-113
- [14] SUPEK, Š. Automatická klasifikácia drevinového zloženia na digitálnych leteckých snímkach s vysokým rozlíšením. Diplomová práca, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011. 69 s.

-
- [15] TUČEK, J. 1998. Geografické informačné systémy. Princípy a praxe. Praha: Computer press, 1998. 424 s. ISBN 80-7226-091-X
- [16] WOLF, P., R. – DEWITT, B., A. Elements of Photogrammetry: With Applications in GIS. United States of America: R. R Donnelley & Sons Company, 2000. 3. vyd, 608 s. ISBN 0-07-292454-3