

# Identifikácia prvkov lesníckeho mapovania s využitím údajov DPZ

Viktória Čakurdová<sup>1</sup>, Miroslav Kardoš<sup>2</sup>, Ivan Sačkov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Technická univerzita vo Zvolene,  
T. G. Masaryka 24, 96053, Zvolen, Slovenská republika  
*cakurdovav@gmail.com*

<sup>2</sup>Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie, Technická univerzita vo Zvolene,  
T. G. Masaryka 24, 96053, Zvolen, Slovenská republika  
*miroslav.kardos@tuzvo.sk*

<sup>3</sup>Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Odbor pestovania a  
inventarizácie lesa, T. G. Masaryka 22, 960 92, Zvolen, Slovenská republika  
*sackov@nlcsk.org*

**Abstrakt.** Aktuálne a reprezentatívne informácie o lese a krajine sú základom pre odborné hospodárenie v lesoch. Cieľom tejto práce bolo zhodnotiť možnosť využitia bezkontaktných metód zberu údajov, hlavne leteckého laserového skenovania v porovnaní s digitálnou fotogrametriou, v lesníckom mapovaní. ALS dáta a digitálne letecké snímky boli získané v septembri 2011, na území Vysokoškolského lesníckeho podniku a spracovávané v softvérovom prostredí DTMaster a ArcGIS. Výsledkom je vektorová vrstva porastových okrajov, vodných tokov a lesnej cestnej siete. Rastrovú vrstvu predstavuje plocha lesných porastov a lesných pozemkov. Z dát leteckého laserového skenovania bolo na záujmovom území identifikovaných 82% ciest, fotogrametrickými metódami len 52% cestnej siete. Viac ako 47% ciest cestnej siete sa nachádza na zalesnenom území. Identifikácia porastových okrajov bola vykonaná dvoma spôsobmi – manuálnou vektorizáciou a automatizovaným spracovaním. Porovnaním polohovej presnosti interpretácie sme zistili, že obe metódy, v porovnaní s dátami z terénneho merania, výsledné hodnoty mierne nadhodnocovali. Rastrové vrstvy lesných porastov boli porovnávané s C - registrom katastra nehnuteľností. Týmto spôsobom je možné rýchlo a efektívne identifikovať biele plochy, ktoré predstavujú špecifický problém obhospodarovania lesov v našich podmienkach. Na základe výsledkov práce môžeme povedať, že údaje získané leteckým laserovým skenovaním je možné prakticky uplatniť v lesníckom mapovaní, pri identifikácii bielych plôch, obnove katastra nehnuteľností, ako aj plánu starostlivosti o les.

**Kľúčová slova:** diaľkový prieskum Zeme, digitálna fotogrametria, lesnícke mapovanie, letecké laserové skenovanie

**Abstract.** Current and representative information about forest and landscape are the basic for the professional management of forests. The aim of this work is to find possibilities for the use of non-contact methods (airborne laser scanning and photogrammetry) in forestry mapping. ALS data and digital aerial photos were obtained in September 2011, on area of the Technical University Forest Enterprise and processed in DTMaster and ArcGIS. The outcome was vector layer, which define the forest borders, streams and forest road network and raster layer representing area of forest stands and forest plots. In the area of interest was 82% roads identified from ALS data. At the same time only about the 52 % of road network was registered by the photogrammetric methods. More than 47% of roads were situated under the tree crowns.

The forest border delineation was carried out by two methods - manual and automated vectorization. There was shown that these methods in comparison with data from field survey resulted in slightly overestimated values. The raster layer of area with forest stands was compared with the layer of forested land according to the evidence of the state cadastre. In this way it is possible to quickly and efficiently identify the white areas that represent an important issue in Slovak forestry. As this work showed, ALS has great potential in forestry. Data from the ALS can be practically applied in forest mapping, in identification of forest on nonforest land (white areas), updating of forest management plan and state cadastre in forest environment.

**Keywords:** remote sensing, digital photogrammetry, forestry mapping, airborne laser scanning

## 1 Úvod

Mapovanie lesov je z lesníckeho hľadiska dôležitá vedná disciplína pre získavanie spoľahlivých polohopisných a výškopisných podkladov, pre vyhotovenie plánov starostlivosti o lesy, tvorbu digitálnej lesníckej mapy, ako aj špeciálnych lesníckych účelových máp.

Táto práca je venovaná možnostiam využitia leteckého laserového skenovania (ALS) v našich podmienkach, pre lesnícke mapovanie a identifikáciu jednotlivých prvkov, na podklade digitálneho modelu terénu a povrchu. Hlavným cieľom bolo porovnanie možnosti interpretácie prvkov lesníckeho mapovania z dát ALS s fotogrametrickými metódami, ktoré sú súčasťou v danej oblasti najrozšírenejšie, ako aj vyhotovenie rastrovej reprezentácie lesných a nelesných pozemkov na základe klasifikovaných údajov leteckého laserového skenovania a zhodnotenie jednotlivých metód a výsledkov nimi dosiahnutých, porovnanie s dátami z terestrického merania a registra C-KN.

Najdôležitejším aspektom práce je poukázanie na praktické uplatnenie bezkontaktných metód, najmä laserového skenovania, v praxi pri riešení problémov, s ktorými sa v súčasnej dobe v lesníckom mapovaní potýkame. Napr. problematika nesúladi pozemkov, s čím je spojená identifikácia bielych plôch, obnova katastra nehnuteľností, či podpora rozhodovania pre oblasti spojené s lesným hospodárstvom.

## 2 Problematika

### 2.1 Súčasný stav lesníckeho mapovania na Slovensku

Podľa Štandardu lesníckeho digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva (2007) pod pojmom lesnícke mapovanie rozumieme súbor prác súvisiacich s vkladaním prvkov mapovania do lesníckeho mapového diela na základe výsledkov prešetrovania, vektorizácie, merania a fotogrametrie, tvorbu popisu a kartografickú úpravu.

Lesnícke mapovanie využíva podklady verejného mapovania, v ktorých zohľadňuje biologické, technické a ekonomické špecifiká lesného hospodárstva. Obsahuje podrobnú topografickú situáciu na lesných pozemkoch a s nimi súvisiacimi inými pozemkami. Mapovanie sa pravidelne cyklicky opakuje na celom území Slovenska a tým sa stávajú informácie získané z lesníckych máp zaujímavé a cenné aj z hľadiska dlhodobšieho sledovania vývoja lesov. Každoročne je obnovované lesnícke mapové dielo na približne 1/10 územia Slovenska [1].

V súčasnosti sa prevažná časť lesníckeho mapovania vykonáva fotogrametrickými metódami. Toto dominantné postavenie fotogrametrických metód voči terestrickým sa ešte viac upevnilo nástupom digitálnej stereofotogrametrie, ktorá výrazne zvýšila presnosť a produktivitu vyhodnocovania (napr. [2],[3]). Napriek tomu, terestrické merania vždy budú mať svoje opodstatnenie, o to viac v lesníctve, kde prvky lesníckeho detailu pod clonou porastu nie je možné zamerať na leteckých snímkach a taktiež prvky, ktoré sú priamo potrebné pre fotogrametrické vyhodnocovanie – vlícovacie body [4].

## 2.2 Letecké laserové skenovanie

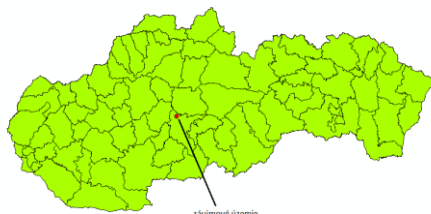
Letecké laserové skenovanie je aktívna metóda diaľkového prieskumu Zeme, pri ktorej laser vysiela krátke infračervené impulzy k zemskému povrchu a snímač skenera meria spätne odrazené echo[5]. Pre kompletne systémy pre letecké laserové skenovanie sa používa označenie LIDAR – *Light Detection And Ranging*.

Letecké laserové skenovanie sa ukázalo ako veľmi výhodné pre získavanie parametrov v lesnom prostredí, ako je výška porastu [6], zakmenenie, objem biomasy [7,8], celková štruktúra lesných ekosystémov (porastové medzery, index listovej plochy), identifikácia hraníc porastov [9], ako aj na úrovni stromu (korunová projekcia, objem, výška). Veľmi rýchlo sa ukázali možnosti pre širokú škálu ekologických aplikácií, napr. zisťovanie obsahu uhlíka, hrubej primárnej produkcie, hydrologické modelovanie [10]. Dáta získané LIDAR-om sú v mnohých ohľadoch vhodné pre posúdenie krátkodobých, ale taktiež aj dlhodobých charakteristík, napr. ťažbu dreva, rýchlosť a smer sukcesie [11], fragmentáciu prírodných biotopov, ochranu lesa proti škodcom. Čoraz viac sa tieto metódy začínajú používať aj na prevádzkovej úrovni, hlavne v štátoch s veľkoplošným hospodárením, napr. v Škandinávii, Aljaške, Kanade, Dánsku [12].

## 3 Experimentálny materiál

Pre účely tejto práce bola vybraná reprezentatívna plocha na území Vysokoškolského lesníckeho podniku (VšLP), v katastrálnom území Hájniky. Výber plochy bol vykonaný s ohľadom na zachytenie rôznych biologických a geomorfologických pomerov. Približne polovica územia je pokrytá lesnými porastmi, čím bolo možné

porovnanie dát v lesnom a nezalesnenom prostredí. Malá časť je reprezentovaná aj zastavanou plochou.



**Obr.1.** Poloha záujmového územia

Dátové podklady boli získané z územia Vysokoškolského lesného podniku leteckým laserovým skenovaním v septembri 2011. Meranie bolo vykonané skenerom Riegl LMS Q680i v súradnicovom systéme JTSK – 03, výškový systém Bpv. Priemerná hustota bodov na záujmovom území, je 5,3 na m<sup>2</sup>.

Digitálne snímky s vysokým rozlíšením boli vyhotovené taktiež v septembri 2011. Snímkovanie sa uskutočnilo digitálnou kamerou UltraCam X od firmy Vexcel s konštantou fotokamery 101,4 mm. Priečny a pozdĺžny prekryt predstavoval 60%/80%, geometrická presnosť 10cm. Parametre vonkajšej orientácie boli zamerané počas letu pomocou GNSS/IMU systému.

Porovnávací etalón bodov terestrického merania bol prevzatý z predchádzajúcich výskumov prebiehajúcich na Katedre Hospodárskej úpravy lesa a geodézie. Lomové body hraníc vybraných pokusných plôch boli v teréne zamerané pomocou GNSS. Pre použitie pri porastovom okraji sa použila časovo nenáročná kinematická metóda RTK s využitím služby SKPOS. Pri meraní bol použitý kontrolér s aplikáciou TOPSurv.

## 4 Metodika

### 4.1 Mapovanie lesnej cestnej siete

Vizuálna interpretácia cestnej siete na záujmovom území bola vykonávaná na podkladoch dát z leteckého laserového skenovania v prostredí programu DTMaster a digitálnych leteckých snímok s geometrickým rozlíšením 10 cm v prostredí Summit Evolution s grafickou nadstavbou Microstation V8. Cestná sieť z leteckých snímok bola vektorizovaná len v prostredí, kde bola možná jej jednoznačná identifikácia. Jednotlivým úsekov boli pridelené atribúty kategórie ciest (1L - cesty so spevnenou vozovkou s tvrdým povrchom, vyhovujú celoročnému odvozu dreva, 2L - cesty s pomešne spevneným povrchom, vyhovujú sezónnemu odvozu, 3L - približovacie cesty a poľné cesty na nezalesnenom území). Pridelenie atribútov sporným úsekom bolo posúdené na základe sekundárneho terénneho zisťovania a vybudovanej

geodatabázy lesnej cestnej siete na území vysokoškolského podniku (VŠLP). Každému úseku sa pritom prideliť jednoznačný identifikátor (1 – cesta sa nachádza v oboch dátových zdrojoch na približne zhodnej polohe; 2 – cesta sa nachádza v oboch dátových zdrojoch na zhodnej polohe len v určitom úseku; 3 – cesta nemá zhodnú polohu v dátových zdrojoch). Tento proces bol vykonaný v prostredí geografického informačného systému ArcGIS Desktop 10 (ESRI).

## 4.2 Mapovanie porastových okrajov

### *Manuálne mapovanie porastových okrajov*

Identifikácia porastových okrajov lesných komplexov bola vykonávaná v prostredí aplikácie DTMaster Stereo na podklade dát laserového skenovania (DSM) a stereomodelu záujmového územia. Aj v tomto prípade boli použité bočné profily pre lepšie posúdenie porastových okrajov. Porasty v blízkosti vodných tokov, výrazné remízky, či ochranné pásy boli zaradené do samostatnej vrstvy biokoridorov.

Výsledná vektorová vrstva bola exportovaná do shape súboru a následne importovaná do prostredia grafického informačného systému ArcGIS Desktop 10, kde boli línie planarizované a vytvorené polygóny pre komplexy lesných porastov na záujmovom území, čo umožnilo jednoduchý výpočet ich výmer. Rovnakým spôsobom bola spracovaná aj vektorová vrstva C – KN, ktorá zobrazuje plochu lesných pozemkov vedených v katastri nehnuteľnosti záväzných pri tvorbe PSL.

### *Automatizované mapovanie porastových okrajov*

Pri tvorbe masky lesných porastov na našom záujmovom území boli použité dáta ALS. Pre ich spracovanie bola využitá kombinácia programov INPHO, ArcInfo 10.1, SAGA LIS Desktop.

Na podklade vegetačnej masky bol v programe SAGA LIS Desktop vytvorený digitálny model povrchu vegetácie (DSM). Odčítaním DTM z DSM bol vyhotovený normalizovaný model povrchu (nDMS). Na základe zvolených kritérií boli posúdené atribúty bodov nDSM a následnou klasifikáciou vytvorená maska lesných porastov.

Za základné boli zvolené nasledovné kritéria klasifikácie:

- **Výška** - napriek tomu, že ako FAO, tak aj NIL uvádza minimálnu výšku dreviny pre lesný porast 5m, za kritickú hodnotu bola zvolená výška 2 m.
- **Minimálna šírka** - kritérium bolo plne prebraté z NIL SR, kritická hodnota teda zodpovedá šírke 20 m.
- **Výmera** - do lesa boli zaradené všetky porasty, ktoré pokrývali plochu väčšou ako 0,3 ha a porastové medzery boli menšie ako 300 m<sup>2</sup>
- **Pokryvnosť** – je vyjadrená pomerom súčtu plochy korún k ploche územia, ktoré dané dreviny pokrývajú, limitujúca hodnota v našom prípade je 20 %.

Výstupom spracovania bola rastrová reprezentácia masky lesných porastov s rozlíšením 1m. Vo formáte \*shp bola exportovaná a následne spracovaná v prostredí ArcGIS, kde boli vytvorené referenčné polygóny pre lesné porasty, odstránené prípadne chyby klasifikácie (polygóny s výmerou menšou ako 0,3 ha) a vypočítané výmery lesných porastov.

#### 4.3 Polohová presnosť interpretácie porastových okrajov

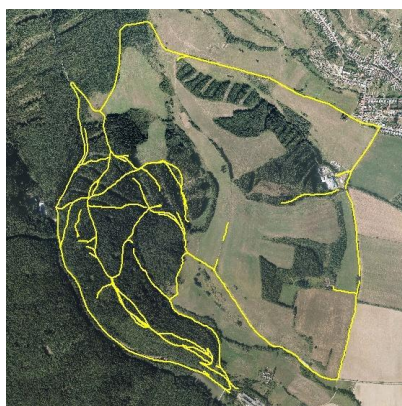
Pre zistenie polohovej presnosti bol použitý porovnávací etalón dát z terénnych meraní a získané údaje z manuálnej a automatizovanej identifikácie porastových okrajov. Vybraté boli štyri segmenty okrajových častí lesných porastov, kde bolo možné vzájomné porovnanie všetkých troch dátových súborov.

V prostredí softvéru ArcGIS boli línie charakterizujúce porastové okraje z manuálnej a automatizovanej identifikácie rozložené na 10 m segmenty, kde bol následne každému úseku pridelený centroid. Na základe posúdenia vzdialenosti medzi polohou centroidu a najbližším segmentom hranice porastu z terestrických meraní, boli získané rozdiely polohy línií (near distance). Na ich základe bola vypočítaná stredná diferencia s ohľadom na znamienko, smerodajná odchýlka a stredná súradnicová chyba.

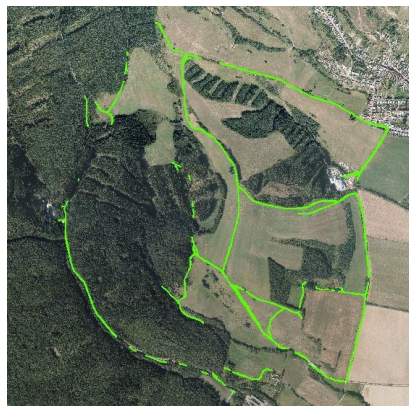
## 5 Výsledky a diskusia

### *Lesná cestná sieť a jej mapovanie*

Celková dĺžka ciest identifikovaných z laserového skenovania (obr.2) je 24 235 m, pričom najviac líniových prvkov bolo identifikovaných v zalesnenom území. Stereofotogrametricky z leteckých meračských snímok bolo identifikovaných 14 905 m cestnej siete (obr.3).



**Obr.2.** Cestná sieť identifikovaná z dát ALS

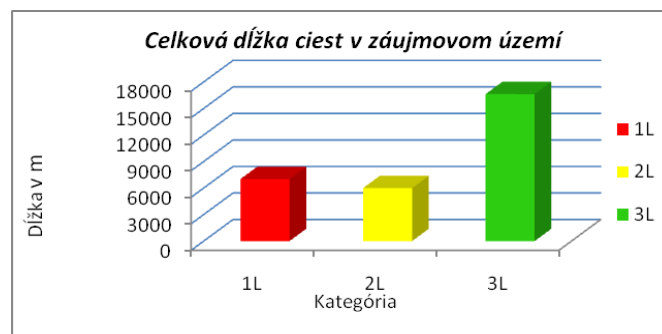


**Obr.3.** Cestná sieť identifikovaná na podklade LM



**Obr.4.** Cestná sieť identifikovaná z dát ALS    **Obr.5.** Cestná sieť identifikovaná z dát LMS

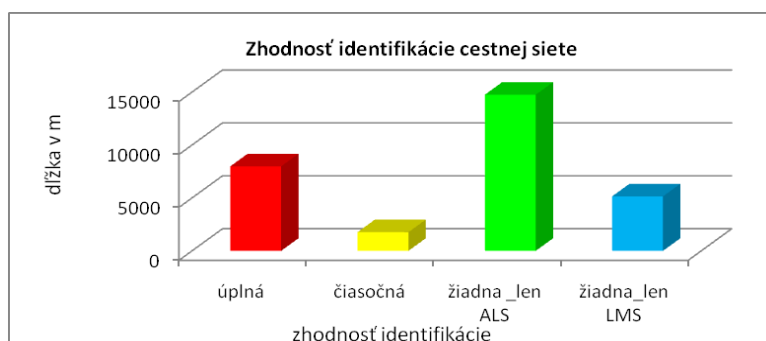
Celková dĺžka cestnej siete na záujmovom území (prekrytie vektorových vrstiev z laserového skenovania a leteckých snímok) je 29 635 m. Po zaradení jednotlivých ciest do kategórií, sa celková dĺžka ciest v kategórii 1L rovná 7021 m (23,7 %), kategória 2L má dĺžku 5988 m (20,2 %) a 3L 16626 m (56,1 %). Do kategórie 3L boli zahrnuté aj poľné cesty na nezalesnenom území. Z leteckého skenovania bolo možné identifikovať takmer 82 % a fotogrametricky len 50 % ciest.



**Tab. 1.** Podiel možnej identifikácie cestnej siete z dátových podkladov

Celková dĺžka ciest kategória	dĺžka v m	cesty ALS		cesty LMS	
		dĺžka v m	%	dĺžka v m	%
1L	7021	7021	100,0	4991	71,1
2L	5988	5988	100,0	3542	59,2
3L	16626	11226	67,5	6372	38,3
spolu	29635	24235	81,8	14905	50,3

Porovnaním vzájomnej polohy cestných sietí získaných oboma metódami a pridelením identifikátorov jednotlivým úsekom sme zistili, že úplná zhoda (úseky dobre identifikovateľné z dát ALS ako aj z dát LMS) nastala v 27 %, čiastočná (úseky dobre identifikovateľné z dát ALS, avšak iba čiastočne z dát LMS (viditeľná len jedna strana cesty) v 6 %. Úseky dobre identifikovateľné z dát ALS, avšak z dát LMS vôbec tvoria 50 % a dobre identifikovateľné z dát LMS, z dát ALS vôbec 17 % z celkovej dĺžky.



**Obr.6.** Grafické vyjadrenie možnosti identickej identifikácie cestnej siete jednotlivými na záujmovom území

### **Mapovanie porastových okrajov**

Hranica lesných porastov bola zisťovaná z dát laserového skenovania dvomi spôsobmi, a to manuálnou vektorizáciou v prostredí programu DTMaster s použitím stereomodelu daného územia (obr.7) a automatizovane (obr.8), vytvorením masky lesných porastov s jasne definovanými kritériami pre les. Získané dáta boli porovnávané s vrstvou lesných pozemkov z registra C katastra nehnuteľností (obr.9).





**Obr.7.** Lesné pozemky podľa registra C-KN



**Obr.8.** Lesné porasty identifikované manuálnou vektorizáciou



**Obr.9.** Lesné porasty identifikované automatizovaným spracovaním

Najvyšší percentuálny podiel výmery lesných porastov bol získaný automatizovaným spracovaním (obr.9). Jeho veľkou výhodou je vylúčenie subjektívneho hodnotenia porastových okrajov (zahrnutia okrajových jedincov do porastov), ako aj rýchlosť spracovania. Avšak, vzhľadom na kritéria, ktoré definovali les (výmera viac ako 0,3 ha, zápoj nad 20 %, porastové medzery menšie ako 300 m<sup>2</sup>, minimálna šírka porastenej plochy 20 m, minimálna výška 2 m), boli vylúčené niektoré plochy, ktoré predstavujú obnovné prvky po ťažbe, na ktorých ešte nie je zmladenie. A naopak, v okrajovej časti záujmového územia boli do porastov zahrnuté aj budovy, vzhľadom

k tomu, že priestor medzi budovami a príľahlými porastmi bol menší ako 300 m<sup>2</sup>, čiže vytváral domnelú porastovú medzeru s výmerou menšou ako 300 m<sup>2</sup>. Výmery získané jednotlivými metódami sú uvedené v tabuľke č. 2

**Tabuľka 2.** Výmera plochy lesných pozemkov a lesných porastov

Pôvod údajov	Výmera v ha	Percentuálny podiel z celkovej výmery záujmového územia
C-KN	180,82	36, %
manual. vektorizácia	210,37	42, %
automat. spracovanie	236,30	47 %

Porovnaním jednotlivých rastrových vrstiev je viditeľný veľký rozpor medzi katastrom nehnuteľností a skutočným stavom lesných porastov. Dáta získané laserovým skenovaním majú potenciál byť využívané na identifikáciu bielych plôch a následne pri obnove operátu katastra nehnuteľností. Rozdiel vo výmerách na našom území je v prípade manuálnej vektorizácie 30 ha, pri automatizovanom spracovaní je to až 56 ha.

#### ***Polohová presnosť interpretácie porastových okrajov***

Pre posúdenie polohovej presnosti identifikácie porastových okrajov sme za základný (najpresnejší) zvolili etalón bodov z terestrického merania, voči ktorým boli porovnávané dáta z manuálnej a automatizovanej identifikácie.

Pri porovnaní manuálnej vektorizácie a terénnych meraní, stredná diferencia, ktorá v sebe zahŕňa systematickú chybu, dosiahla hodnotu + 3,31 m a stredná kvadratická chyba, ktorá v geodézií vyjadruje strednú súradnicovú chybu  $m_{xy} = 3,76$  m. Výsledné hodnoty automatizovaného spracovania sa pohybujú tiež v kladnej rovine, stredná diferencia má hodnotu + 2,73 m a stredná kvadratická chyba 3, 24 m. Z toho vyplýva, že letecké laserové skenovanie, tak pri manuálnej vektorizácii, ako aj automatizovanom spracovaní, systematicky nadhodnocuje hodnoty voči dátam z terestrického merania (tab.3).

Smerodajná odchýlka popisuje kolísanie hodnôt okolo aritmetického priemeru (strednej diferencie). To znamená, že podľa pravidla šesť násobku, sa 68 % hodnôt, v rámci manuálnej vektorizácie, pohybuje v rozmedzí 1,52 – 5,1 m. Pri automatizovanom spracovaní sa 68 % hodnôt pohybuje v rozmedzí 1,0 – 4,46 m.

**Tabulka 3.** Polohová presnosť

	manuálne	automatizované
stredná diferencia ( <i>m</i> )	+3,31	+2,73
smer. odchylka ( <i>m</i> )	1,79	1,73
<i>n</i>	125	127
<b><i>m<sub>xy</sub></i></b>	3,76	3,24

Pre úplnosť je potrebné uviesť, že etalón dát z terestrického merania bol síce považovaný za najpresnejší, avšak jednoznačné určenie porastových okrajov, aj priamo v teréne, je diskutabilné a subjektívne hodnotené jedincom (meračom), vzhľadom na jeho skúsenosti, odborné znalosti a praktické uplatňovanie zásad terestrických meraní.



**Obr.10.** Línie charakterizujúce porastové okraje získané terestricky a z dát ALS

## 6 Záver

Bezkontaktné metódy zberu priestorových dát majú v súčasnosti popredné miesto v lesníckom mapovaní a ich význam a možnosti použitia sa neustále zvyšujú. Vyhodnocovania fotogrametrickými metódami začínajú dopĺňať dáta získané laserovým skenovaním a hyperspektrálne záznamy.

V tejto práci boli porovnávané možnosti vizuálnej interpretácie prvkov lesníckeho mapovania, hlavne cestnej siete a vodných tokov, kde bolo preukázané reálne využitie podkladov leteckého laserového skenovania v zalesnenom území. Pod clonou lesného porastu bolo identifikovaných 47 % cestnej siete. Kým z leteckých snímok bolo možné identifikovať 51 % cestnej siete v záujmovom území, pri identifikácii z DTM to bolo až 82 % z celkovej dĺžky ciest.

Rastrové reprezentácie lesných porastov spracované manuálne a automatizované z dát ALS boli porovnávané so súčasným stavom z registra C-KN, ktorý je záväzný pri tvorbe a obnove PSL. Zistené rozdiely medzi výmerou lesných pozemkov a reálnou plochou porastenou lesnými porastmi dosiahli na danom území takmer 40 ha, čo vlastne charakterizuje výmeru bielych plôch v záujmovom území.

Zisťovanie a odstraňovanie nesúladow druhov pozemkov, identifikácia bielych plôch, a s tým spojené problémy pri hospodárení, obnove PSL a operátu katastra nehnuteľnosti sú oblasti, kde sa laserové skenovanie môže prakticky uplatniť, čo vyplýva aj z výsledkov tejto práce.

Ako každá technológia aj laserové skenovanie má svoje obmedzenia, avšak s digitálnou fotogrametriou dokážu prakticky dopĺňať svoje nedostatky. Vzájomné prepojenie týchto dvoch metód nám v lesníctve vytvára oveľa viac priestoru a možností pre oblasť inventarizácie lesných porastov, zisťovanie stromových a porastových charakteristík, ako aj pre podporu rozhodovania v lese.

## Literatúra

- [1] ŽIHLAVNÍK, Š., 2012. *Problematika katastrálneho mapovania v lesných porastoch*, vedecká štúdia, TU Zvolen, 80 s. ISBN 978-80-228-2367-8
- [2] Kardoš, M., 2006. *Nové trendy využitia fotogrametrie v lesníckom mapovaní* : dizertačná práca. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 130 s.
- [3] ŠADIBOL, J. 2010. Posúdenie polohovej presnosti ortofotosnímky v závislosti od jej rôznej veľkosti obrazového elementu. In *Aktuálne problémy lesníckeho mapovania : zborník referátov*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. ISBN 978-80-228-2162-9, s. 129-140.
- [4] ŠAFÁRIK, M., ŽIHLAVNÍK, Š., 2011. Problematika merania vlastníckych hraníc lesných pozemkov. In *Racionalizácia lesníckeho mapovania : zborník referátov z vedeckého seminára*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011. s. 74-82.
- [5] WAGNER, W., Hollaus, M., Briese, C., Ducic, V., 2008. Robust filtering of airborne laser scanner data for vegetation analysis. In *International Archives of Photogrammetry, Remote sensing and Spatial information sciences*. [online]. Vol. XXXVI/8-W2 [cit. 2013- 03- 20]. Dostupné na internete: <<http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8W2/WAGNER.pdf>>
- [6] SMREČEK, R., DANIHELOVÁ, Z., 2013. Forest stand height determination from low point density airborne laser scanning data in Rožňava Forest enterprise zone (Slovakia). In *Journal of Biogeosciences and Forestry published by SISEF*. [online]. 2013, vol. 6, s. 48-54 [cit. 2013-03-24]. Dostupné na internete: <<http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor0767-006>>
- [7] Vazirabad, F.Y., Karlioglu, M.O., 2010. Airborne laser scanning data for tree characteristics detection. ISPRS Istanbul Workshop 2010 on Modeling of optical airborne and spaceborne Sensors. [online]. WG I/4, Oct. 11-13, IAPRS Vol. XXXVIII, part 1/W4. [cit. 2013- 03- 28]. Dostupné na internete: <[http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/1-W17/10\\_Vazirabad.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/1-W17/10_Vazirabad.pdf)>

- [8] CORONA,P., CARTISANO,R., SALVATIL,R., CHIRICI,G., FLORIS,A., DIMARTINO,P., MARCHETTI,M., SCRINZI,G., CLEMENTEL,F., TRAVAGLINI,D., TORRESAN,CH., 2012. Airborne Laser Scanning to support forest resource management under alpine, temperate and Mediterranean environments in Italy. In *European Journal of Remote Sensing*. [online]. 2012, vol.45, s. 27-37 [cit. 2013-04-07]. Dostupné na internete: <<http://www.aitjournal.com/articleView.aspx?ID=450>>. ISSN 2279-7254.
- [9] SMREČEK, R., SAČKOV,I., 2013. Využitie dát leteckého laserového skenovania pre odvodenie hraníc lesných komplexov a vertikálnej štruktúry lesných porastov. In *GIS Ostrava 2013*. [online]. 21-23.1.2013 [cit. 2013- 03-18]. Dostupne na internete:<[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2013/sbornik/papers/gis2013508a75748514e.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2013/sbornik/papers/gis2013508a75748514e.pdf)>
- [10] HOLLAS, M., WAGNER, W., KRAUS, K., 2005. Airborne laser scanning and usefulness for hydrological models. In *Advances in geosciences*. [online]. 2005, vol. 5, s.57-63 [cit. 2013-04-06]. Dostupné na internete: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00296827/>>
- [11] YEO, Y., HUANG, H., 2013. Revisiting the forest transition theory with historical records and geospatial data: A case study from Mississippi (USA). In *Land use policy*. [online]. 2013, no.32, s.1-13 [cit. 2013-04-03]. Dostupné na internete: <[http://journals2.scholarsportal.info/details.xqy?uri=/02648377/v32inone\\_c/1\\_rfttwdacsfm.xml](http://journals2.scholarsportal.info/details.xqy?uri=/02648377/v32inone_c/1_rfttwdacsfm.xml)>
- [12] MONNET, J., 2012. Airborne Laser Scanning for Forest Applications. [online]. 2012, 23s. [cit. 2013-03-11]. Dostupné na internete : <[http://www.alpinespace.eu/uploads/tx\\_txrunningprojects/Airborne\\_Laser\\_Scanning\\_for\\_Forest\\_Applications\\_State\\_of\\_the\\_Art.pdf](http://www.alpinespace.eu/uploads/tx_txrunningprojects/Airborne_Laser_Scanning_for_Forest_Applications_State_of_the_Art.pdf)>
- [13] SMREČEK, R., SEDLIAK, M., 2012. Lesná cestná sieť a účelové objekty – mapovanie a tvorba databázy. In *GIS Ostrava 2012*. [online]. 23-25.1.2012 [cit. 2013- 03- 18]. Dostupne na internete:< [http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2012/sbornik/papers/smrecek2.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2012/sbornik/papers/smrecek2.pdf)>
- [14] Štandard digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva. 2007, NLC Zvolen.