

URČENIE VÝŠKY PORASTU POMOCOU LETECKÉHO LASEROVÉHO SKENOVANIA

Róbert SMREČEK¹

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

Abstrakt

Letecké laserové skenovanie je metóda diaľkového prieskumu Zeme, ktorá bola vytvorená na meranie topografie Zeme. Letecké laserové skenovanie môže byť využité aj v precíznom lesníctve na získavanie stromových parametrov. Najčastejšou metódou získavania stromových parametrov je vytvorenie digitálneho modelu terénu, digitálneho modelu reliéfu a následný výpočet normalizovaného digitálneho modelu reliéfu, ktorý reprezentuje výšku vegetácie. Takto odvodená výška vegetácie, porastu, môže byť použitá ako vstupný údaj pre následné analýzy. Množstvo autorov vidí potenciál využitia leteckého laserového skenovania pri lesníckych inventúrach a získavaní stromových, porastových charakteristík.

Abstract

Airborne laser scanning is a remote sensing technique which is originally designed to measure the topography of the Earth's surface. The airborne laser scanning can be used also in precision forestry for retrieval of tree parameters. For retrieval of vegetation parameters the most common procedure is to calculate digital terrain model, form a digital surface model and calculate a normalized digital surface to represent the height of the vegetation. So derived vegetation height model can be used as input for further vegetation analysis. Many authors see the possibility of using airborne laser scanning in forestry inventories and retrieval of forest characteristics.

Kľúčové slová: letecké laserové skenovanie, lesníctvo, výška porastu.

Keywords: airborne laser scanning, forestry, forest stand height.

ÚVOD

Cenová dostupnosť hi-tech technológií umožnila ich nasadenie v oblastiach, kde to teraz pre ich cenovú nedostupnosť nebolo možné. Ich nasadenie umožňuje zvýšiť efektivitu práce a takisto prináša aj nové informácie. Jednou z týchto technológií je aj letecké laserové skenovanie, ktoré má obrovský potenciál využitia aj v lesníctve. Precízne lesníctvo využíva hi-tech snímacie a analytické nástroje na podporu stanovištno závislých ekonomických, environmentálnych a trvale udržateľných rozhodnutí v lesníctve. Výhodou údajov získaných pomocou leteckého laserového skenovania je vysoká miera automatizácie spracovania. Takto je možné získať podrobnejšie informácie z väčších území, ktoré by pri získavaní klasickými metódami boli časovo náročnejšie. Využitiu leteckého laserového skenovania pre lesnícku inventúru sa venovalo viacero autorov (Wack a kol. 2003, Andersen a Breidenbach 2007, Korpela a kol. 2007).

Letecké laserové skenovanie sa využíva na mapovanie terénu a následné odvodenie digitálneho modelu reliéfu (DMR) a digitálneho modelu terénu (DMT). V porovnaní s radarovými systémami a fotogrametriou poskytuje najvyššiu presnosť mapovania terénu. Môže sa použiť na mapovanie porastových štruktúr ako aj mapovanie nízkej vegetácie. Na odstránenie šumu a tvorbu DMR a DMT sa využívajú rôzne techniky filtrovania. Na trhu existuje viacero programov na spracovanie dát z leteckého laserového skenovania, napr. SCOP++, NGATE, QT Modeler, LAStools a pod. Aj napriek silným nástrojom filtrovania, neustále bude asi 1 % bodov zle klasifikovaných (DTMaster 2009). Tieto body je potrebné preklasifikovať zmenou parametrov filtrovania alebo manuálne pomocou ďalších nástrojov.

LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVANIE V LESNÍCTVE

Najväčšia pozornosť pri získavaní lesných parametrov pomocou leteckého laserového skenovania bola venovaná výške. Môže sa zisťovať výška pre porast alebo po segmentácii bodového mraku pre jednotlivé stromy. Z dát je možné získať priemernú, maximálnu výšku, výšku stromu, výšku nasadenia koruny a pod.

Smerodajnú odchýlku 1,49 m, čo predstavuje 7,6 % z výšky stromov na skúmanej ploche dosiahli NÆsset a Økland (2002) pri určovaní výšky v poraste smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.). Smerodajnú odchýlku 1,8 m dosiahli Coops a kol. (2007) v zmiešanom poraste duglasky tisolistej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) a jedľovca rôzolistého (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.). Pri určovaní výšky jednotlivých stromov v porastoch s prevahou buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) a smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) dosiahol Heurich (2008) priemernú odchýlku medzi výškou z LIDAR-u a meraniami v teréne -0,54 m.

Väčšina autorov uvádza podhodnotenie výšky získanej z LiDAR-ových dát. Toto podhodnotenie je spôsobené rozmiestnením laserových impulzov na korunách stromov. Na väčšine korunách sa impulz neodrazí od terminálu. V niektorých prípadoch môže dôjsť k nadhodnoteniu výšky. V týchto prípadoch dochádza k odrazeniu impulzov od blízkych vyšších stromov (Lim a kol. 2001, Farid a kol. 2006).

Hrúbku stromov je potrebné odvodzovať pomocou rôznych modelov. Persson a kol. (2002) dosiahli vo svojej práci strednú kvadratickú chybu pre $d_{1,3}$ 3,8 cm. Heurich (2008) dosiahol strednú kvadratickú chybu v rozmedzí od 4,6 do 5,9 cm a v prípade práce autorov Anderson a kol. (2008) bola priemerná stredná kvadratická chyba 2,86 cm, najlepší výsledok bol pre jedľovec kanadský (*Tsuga canadensis* (Bong.) Carr.) 1,93 cm.

EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Laserové letecké skenovanie prebehlo na ploche cca 52 km² na území odštepného závodu Rožňava, lesná správa Betliar. Skenovanie prebehlo v septembri 2009 leteckým laserovým skenerom Leica ALS 50-II. Dáta boli poskytnuté firmou Geodis Slovakia, s.r.o. Spracovanie prebehlo v prostredí SCOP++ od firmy INPHO. Na filtrovanie bol použitý algoritmus "hierarchic robust filtering" určený na filtrovanie LiDAR-ových dát.

ODVODENIE DMR A DMT

DMR a DMT sú odvodené pomocou algoritmu "hierarchic robust filtering", ktorý je určený na filtrovanie LiDAR-ových dát. Filtrovanie prebieha v postupných krokoch pomocou modulov "eliminate buildings", "thin out", "sort out", "interpolate", "filter". Odvodenie DMR nevyžaduje stanovenie náročnej stratégie. Pomocou jednotlivých krokov sa eliminuje šum a definuje sa tolerancia pre pripojenie bodov k povrchu.

Odvodenie DMT vyžaduje stanovenie stratégie, ktorá by dokázala eliminovať budovy a tiež vegetáciu. Na eliminovanie budov slúži samostatný modul "eliminate buildings". V prípade vegetácie je potrebné mať body na úrovni terénu v poraste. Tieto body vzniknú prienikom laserových impulzov cez vegetačný kryt. Úspešnosť a presnosť výsledného DMT závisí od počtu týchto bodov a tiež od nastavenia parametrov jednotlivých modulov.

Na základe potreby bodov na úrovni terénu v prípade odvodenia DMT pod porastom je vhodné skenovať územie počas vegetačného kľudu, kedy prenikne viacej laserových impulzov na úroveň terénu. Pre odvodenie DMR je vhodnejšie vegetačné obdobie, nakoľko viacej laserových impulzov sa odrazí od korún stromov a nízkej vegetácie. V prípade opadavých drevín je táto skutočnosť významnejšia ako pre neopadavé dreviny. Skenovanie DMR vo vegetačnom období platí najmä pre určovanie výšky vegetačného krytu (Wagner a kol. 2004).

URČENIE VÝŠKY PORASTOV

Pre určenie výšky porastu je potrebné odčítať DMT od DMR. Ako bolo spomenuté vyššie, pre lepšie výsledky je vhodné použiť DMT z obdobia vegetačného kľudu a DMR z vegetačného obdobia. Výsledkom

bude normalizovaný digitálny model reliéfu (nDMR). Hodnoty buniek reprezentujú výšku porastov. Na identifikáciu jednotlivých porastov bola použitá porastová mapa.

Z programu starostlivosti o les boli vybrané porasty len s jednou drevinou, vekom nad 80 rokov a zakmenením 06 až 08. V porastoch boli 100% zastúpenie buk lesný (*Fagus sylvaticus* L.) a smrek obyčajný (*Picea abies* Mill.). Celková výmera porastov bola 85 ha.

Porasty sa rozdelili do skupín podľa zakmenenia. Zakmenenie je relatívnou mierou obsadenia porastu stromami a stupňa využitia produkčného priestoru porastu drevinami. Nízke zakmenenie majú porasty v obnove, po kalamite a pod. V týchto porastoch priemerná výška nereprezentuje výšku korunovej klenby. Množstvo laserových impulzov sa odrazí od povrchu, vegetácie, alebo nižšej etáže porastu. Na porovnanie výšky z Programu starostlivosti o les a dát z leteckého laserového skenovania bola použitá maximálna výška porastu a priemerná výška porastu. Tieto výšky boli odvodené z dát leteckého laserového skenovania.

Pri porovnaní výšky uvedenej v Pláne starostlivosti o les a maximálnej výšky odvodenej pre porast bola maximálna hodnota podhodnotenia a nadhodnotenia ALS bola 10 m. Priemerná hodnota podhodnotenia bola 4 m a nadhodnotenia ALS 5 m. V prípade porovnávania priemernej výšky odvodenej pre porasty z ALS bolo 5 hodnôt výrazne odlišných od údajov z Plánu starostlivosti o les. Predpokladom je, že porasty sa nachádzajú v obnove. Priemerná odchýlka bola 3 metre. Len v jednom prípade došlo k nadhodnoteniu ALS o 3 metre.

ZÁVER

Kvalita DMT odvodených z dát leteckého laserového skenovania je veľmi vysoká. Kvalita závisí od množstva laserových impulzov na jednotku plochy (m^2). Problematické je odvodenie DMT pod porastom, v tomto prípade je kvalita závislá od množstva laserových impulzov, ktoré prenikli cez korunovú klenbu.

Kvalitne spracované dáta z leteckého laserového skenovania umožňujú odvodenie množstva parametrov o teréne, vegetácii, zástavbe a pod. Z porastových veličín je možné odvodiť výšku, výšku nasadenia koruny, zápoj a pod. Pomocou modelov a výpočtov sa následne odvodí hrúbka, objem, zásoba a pod. V prípade dostatočnej hustoty bodov sa tieto charakteristiky môžu odvodiť pre jednotlivé stromy. Takéto spracovanie je výpočtovo náročnejšie.

Letecké laserové skenovanie môže nahradiť niektoré doterajšie postupy zisťovania informácií o lese. Výhodou je vysoká miera automatizácie a možnosť získania informácií o lese na veľkých územiach za pomerne krátky čas. Potenciál využitia leteckého laserového skenovania na lesnícke inventúry bol prezentovaný vo viacerých prácach. Prvé lesnícke inventúry pomocou s využitím leteckého laserového skenovania boli vo Fínsku vykonané už v roku 1999.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt "Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine", ITMS kód 26220120069, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Poďakovanie firme Geodis Slovakia, s.r.o. za poskytnutie dát z leteckého laserového skenovania.

LITERATÚRA

Andersen, H.-E., Breindenbach, J. (2007) Statistical Properties of Mean Stand Biomass Estimators in a LIDAR-based Double Sampling Forest Survey Design. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXVI, Part 3/W52, Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, s. 8 – 13.

- Anderson, J. E., Plourde, L. C., Martin, M. E., Braswell, B. H., Smith, M.-L., Dubayah, R. O., Hfton, M. A., Blair, J. B. (2008) Integrating waveform lidar with hyperspectral imagery for inventory of a northern temperate forest. *Remote Sensing of Environment* 112 (4), s. 1856-1870.
- Coops, N. C., Hilker, T., Wulder, M. A., St-Onge, B., Newnham, G., Siggins, A., Trofymow, J. A. (2007) Estimating canopy structure of Douglas-fir forest stands from discrete-return LiDAR. *Trees - Structures and Function* 21 (3), s. 295 - 310.
- Dean, T. J., Cao, Q. V., Roberts, S. D., Evans, D. L. (2009) Measuring heights to crown base and crown median with LiDAR in mature, even-aged loblolly pine stand. *Forest Ecology and Management* 257 (1), s. 126-133.
- DTMaster Manual for Version 5.2 and higher (2009). INPHO GmbH, Stuttgart.
- Farid, A., Goodrich, D. C., Sorooshian, S. (2006) Using airborne lidar to discern age classes of cottonwood trees in a riparian area. *Western Journal of Applied Forestry* 21 (3), s. 149-158.
- Heurich, M. (2008). Automatic recognition and measurement of single trees based on data from airborne laser scanning over the richly structured natural forests of the Bavarian Forest National Park. *Forest Ecology and Management* 255 (7), s. 2416-2433.
- Hug, C., Ullrich, A. and Grimm, A. (2004) Litemapper-5600 - A Waveform-Digitizing LIDAR Terrain and Vegetation Mapping System. *ISPRS Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment*, Vol. 36, Frieberg, Germany.
- Korpela, I., Dahlin, B., Schäfer, H., Bruun, E., Haapaniemi, F., Honkasalo, J., Ilvesniemi S., Kuutti, V., Linkosalmi, M., Mustonen, J., Salo, M., Suomi, O., Virtanen, H. (2007) Single-tree forest inventory using LIDAR and aerial images for 3D treetop positioning, species recognition, height and crown width estimation. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXVI, Part 3/W52, Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*, s. 227 – 233.
- Lillesand, M. T., Kiefer, W. R., Chipman, W. J. (2008) *Remote sensing and image interpretation*. 6th edition, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Lim, K., Treitz, P., Groot, A., St-Onge, B. (2001) Estimation of individual tree heights using LIDAR remote sensing. *Proceedings of the 23 rd Annual Canadian Symposium on Remote Sensing, 20-24 August 2001, Quebec*, s. 243-250.
- Næsset, E., Økland, T. (2002) Estimating tree height and tree crown properties using airborne scanning laser in a boreal nature reserve. *Remote Sensing of Environment* 79 (1), s. 105-115.
- Persson, Å., Holmgren, J., Söderman, U. (2002) Detecting and measuring individual trees using an airborne laser scanner. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68 (9), s. 925-932.
- Wack, R., Schardt, M., Barrucho, L., Lohr, U., Oliveira, T. (2003) Forest inventory for eucalyptus plantations based on airborne laserscanner data. In: *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXIV, Part 3/W13, 3D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data*, Dresden.
- Wagner, W., Eberhöfer, C., Hollaus, M., Summer, G. (2004) Robust Filtering of Airborne Laser-Scanner Data for Vegetation Analysis. In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXVI, Part 8/W2*.