

VYUŽITIE LETECKÉHO 3D LASER SKENERU

Andrej Novák, prof. Ing. Ph.D.

Katedra leteckej dopravy, Fakulta PEDaS, Žilinská univerzita v Žiline, Slovensko
andrej.novak@fpedas.uniza.sk

Abstract – The paper presents the possibilities of using 3D laser scanner and aerial photogrammetry to scan surfaces with different accuracy. Aerial photogrammetry and 3D laser terrain model is very important in the design of civil engineering, mapping obstacles, agriculture, forestry and etc.

Key words – 3D digital terrain model, triangulated irregular network airborne photogrammetry.

ÚVOD

V článku sú prezentované možnosti využitia 3D laser skeneru a leteckej fotogrametrie na skenovanie povrchov s rôznou presnosťou. Letecké meračské snímky, ako výstupy leteckej fotogrametrie, sú typické perspektívnym skreslením. Preto sú vhodné na interpretáciu, nie však na meranie. Pre ich využitie v oblasti merania je ich potrebné spracovať cez fotogrametrický proces s využitím digitálneho modelu terénu (DTM) do podoby ortofotomapy. Ortofotomapy sú vyhotovené z ortogonalizovaných snímok, pričom takto spracované údaje sú vhodným podkladom do ďalších geografických informačných systémov (GIS) nástrojov. Letecká ortofotomapa a 3D laser model terénu je veľmi dôležitý pri návrhu inžinierskych stavieb, mapovaní prekážok, poľnohospodárstva a lesníctve atď.

LETECKÁ FOTOGRAMETRIA A LASER SKENER

Letecká fotogrametria má široké uplatnenie, je jednou z disciplín geodézie, ktorá sa s výhodou využíva, ako podklad pre vykreslenie máp z leteckých meračských snímok. Využíva sa predovšetkým na mapovanie v rôznych mierkach, vyhotovenie číselných a grafických podkladov pre projektovanie líniových a plošných stavieb. Nachádza tiež uplatnenie v poľnohospodárstva, lesníctve a má výrazné využitie pri vojenskom prieskume územia a prieskume územia vykonaného v záujme ochrany životného prostredia.



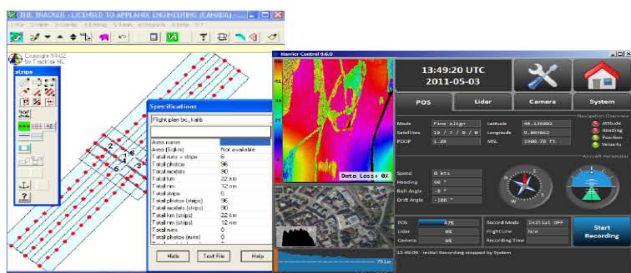
Obrázok 1 – Bloková schéma procesu leteckej fotogrametrie a laserového skenovania. [4]

PLÁNOVANIE LETECKÉHO SNÍMKOVANIA

Pri spracovaní letového plánu sa vychádza z niekoľkých požiadaviek, pričom jednou zo základných otázok je či požadujeme primárne **letecké meračské snímky** alebo **laser scan územia**.

V prípade požiadavky na letecké meračské snímky vybraného územia vychádzame z požiadavky na rozlíšenie snímky (počet pixlov na m^2) bežné rozlíšenie sa pohybuje v rozsahu 20 – 25 cm/pixel pre náročnejšie aplikácie sa pohybuje rozlíšenie 5 -10 cm/pixel. Ďalším parametrom je prekrytie snímky v priečnom a pozdĺžnom smere. Pri pozdĺžnom prekrytí s väčšom ako 50 % je možné vytvoriť stereoskopický snímok. V praxi sa však používa prekrytie min 60% z dôvodu chýb spôsobených samotným letom (napr. turbulencia, strih vetra atď.) kedy dochádza k zmene výšky letu čo môže nepriaznivo ovplyvniť prekrytie.

V prípade požiadavky na letecký laser skener územia vychádzame z požadovanej hustoty bodov na m^2 . Bežne použitie 1 bod/ m^2 je pre predovšetkým pre konštrukciu DTM. Toto rozlíšenie nie je ale vhodné na detailné spracovanie terénu pre ďalšie inžinierske činnosti, preto v takýchto prípadoch musíme siahnuť po vyššom rozlíšení 3-5 bodov/ m^2 . Toto je možné zabezpečiť prostredníctvom letúna s rýchlosťou 90 – 120 knots. V prípade požiadaviek na vyššiu hustotu bodov, musíme použiť helikoptéru alebo letieť pomocou letúna uvedenú trať viac krát (napr. 2x až 3x).



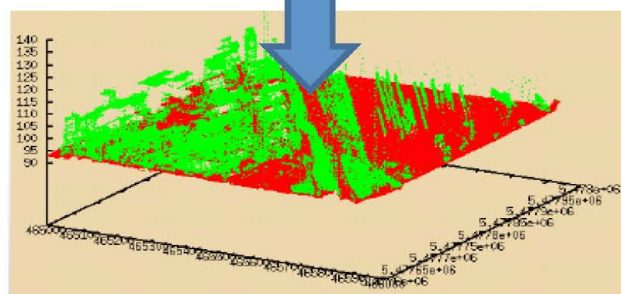
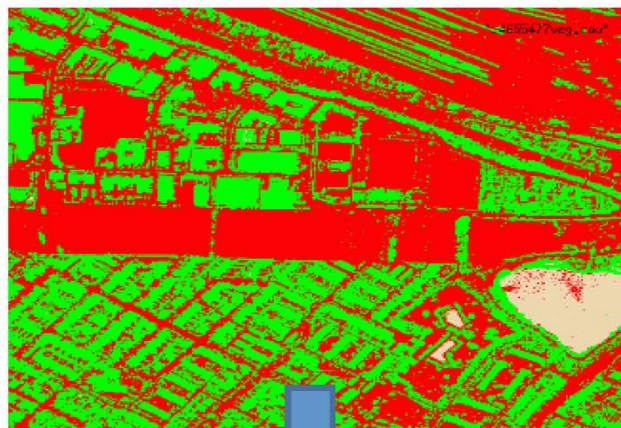
Obrázok 2 – Schéma prípravy náletového plánu, výber územia a podrobnosti mapovania definovanej veľkosti pixla na teréne, samotný nálet a snímokovanie územia

APLIKÁCIE VYUŽÍVAJÚCE 3D LASER SKENER

Primárne využitie laserového skenovania (LS), je podobne ako u fotogrametrie v tvorbe digitálneho modelu terénu (DMT). Hustota meraných bodov pri LS je ale oveľa vyššia ako u klasickej fotogrametrie. Súčasnými systémami je možné dosahovať hustotu bodov väčšiu ako 5 bodov/m² v závislosti na rýchlosti pohybujúceho sa nosiča. Z tejto hustoty je už možné generovať veľmi rôznorodé výstupy.

A. DTM model terénu

Tvorba digitálneho modelu terénu je jednou z najvýznamnejších druhov aplikácií. Laserové skenovanie sa oproti fotogrametrii veľmi dobre uplatňuje pre mapovanie terénu aj v lesných komplexoch, lebo tam, kde fotogrametrie potrebuje jedno miesto na zemskom povrchu nasnímať z dvoch rôznych miest, aby mohol vzniknúť stereoskopický vnem postačuje laserovému skenovanie odraz zväzku lúčov od terénu z jediného smeru. Pravdepodobnosť zameranie polohy bodu na teréne je u LS teda ďaleko väčšia. Navyše aj listnatý porast, ak je dostatočne riedky, je istá pravdepodobnosť, že relatívne široký lúč prejde medzerou medzi listy až k zemskému povrchu a odrazí sa späť. V takýchto prípadoch fotogrametrie úplne zlyhá a ani školený operátor alebo korelačný automat nie je schopný priebehu terénu dostatočne virohodne vyhodnotiť. Vlastný priebeh terénu sa dá získať rôznymi filtračnými technikami.



Obrázok 3 – Tvorba DTM modelu z mračna dát, postupná klasifikácia bodov a filtrácia. [3]

Pretože je hustota bodov príliš vysoká, je zvyčajne potrebné na prezentačné a kartografické účely vykonať na záver vyhladenie terénu, inak je priebeh vrstevnic veľmi neprirodzený. Presný DMT sa hodí pre tvorbu digitálnej ortofotomapy alebo pre spektrálne korekcie satelitných a leteckých snímok - odstránenie vplyvu zatienenia a rôzneho sklonu terénu voči Slnku. Presný model terénu možno takisto použiť na spresnenie hyperspektrálnych dát. [2]

B. 3D model

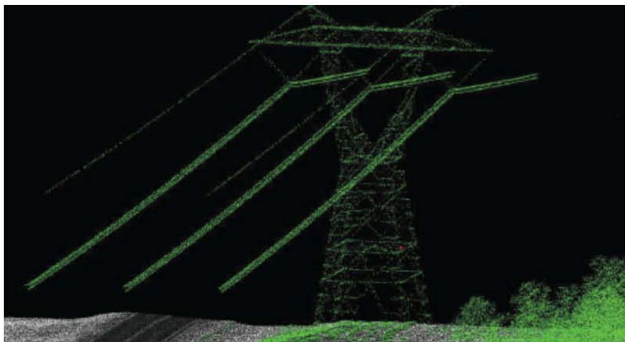
Obrysová mapa je veľmi jednoduchý, ale veľmi rýchly spôsob, ako získať polohopisnú zložku dát z mapy LS, bez toho, aby boli k dispozícii obrazové záznamy. Z priebehu vrstevnic sa dá extrahovať priebeh priestorových objektov (domy, stromy, inžinierske siete atď.).

Veľmi efektívne aplikácií sú 3D modely, ktoré vzniknú iba vytvorením nepriehľadné trojuholníkové siete. Pripojením ortofoto prípadne aj fasád budov môže tento model potom slúžiť pre vizualizáciu miest. Všeobecne možno 3D modely miest veľmi vhodne použiť pre plánovanie bezdrôtovej telekomunikačnej siete pre určovanie ideálneho rozmiestnenie vysielačov v urbanistickej zástavbe, alebo pri tvorbe systému určovania polohy objektov, plánovanie novostavieb s ohľadom na viditeľnosť a svetelné podmienky, alebo simuláciu pohybu v meste. Tu je presnosť závislá nielen na hustote, ale aj na zornom poli laser skeneru niekedy označovanom (Field of View - FOV). Ak je zorné pole veľmi široké, sú zobrazované steny budov pri jednoduchom zobrazení výrazne šikmo a celý model veľmi degradujú. Toto je spôsobené tieňom vysokých budov na okrajoch snímaného pásu. Aby aj

steny budov sa v 3D modeli zobrazovali správne, je nutné skenovať dané územie s takmer 50% priecnym prekrytom.

C. Mapovanie liniových stavieb

Okrem budov je možné z dát LS určovať aj priebeh liniových stavieb, ako sú cesty a železnice a ďalej tiež elektrické vedenia, ktorá hoci sú veľmi malého priemeru, majú vysokú odrazivosť. Tu sa uplatňuje možnosť registrácie niekoľkých odrazov jediného impulzu. Z takých dát je možné určiť polohu a výšku stožiarov, presnú dráhu vedenie, jeho výšku nad terénom ale tiež ohrozenie vegetáciou. Niektoré systémy pre spracovanie LS dát (napr. TerraScan) majú moduly pre jednoduché mapovanie vedenie elektrického napätia. Pretože tvar vlastného drôtu možno matematicky definovať, je jeho priebeh počítaný z nájdených bodov prvého odrazu, ktoré majú lineárny tendenciu. Po vyhodnotení dát možno teda veľmi efektne skúmať priebeh vedenia a jeho prípadné ohrozenie rastúcou vegetáciou. Celé mapovanie je veľmi rýchle a vo výsledku oproti klasickým metódam aj efektívnejšie. Takéto mapovanie doplnené o termokameru dodáva komplexný obraz vedenia.



Obrázok 4 – Mapovanie liniových stavieb, elektrického vedenia

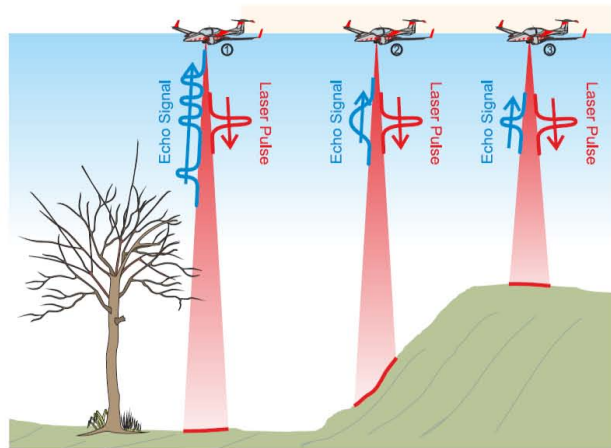
D. Diferenčné modely

V niektorých špecifických prípadoch môže byť veľmi výhodné odpočítať od originálnych dát výšku z DMT a pracovať tak len s diferenciou. Napríklad v mestách tak môžeme získať aktuálne výšky budov a prepojením s GIS systémami túto a ďalšie informácie (tvar strechy, sklon, konštrukcia, atď.) priradovať konkrétne budove. Pre tieto účely sa spravidla využíva preddefinované tvary striech, čo sú jednoduché útvary spĺňajúce podmienky konštrukcie bežných striech.

E. Mapovanie vegetácie

Spracovanie niekoľkonásobného odrazu sa s výhodou využíva tiež u biometrických analýz. Typickým príkladom je meranie objemu biomasy v lesných porastoch. V prípade lesných porastov je vždy časť svetelného impulzu odrazená od vrchných častí korún stromov. Pretože ale veľkosť stopy lúča je pri výške letu cca 500 m GND cca 30 cm, môže časť zväzku lúčov prechádzať medzerami medzi listami a konármi až na terén. Z takto získaných dát niekoľkonásobného odrazu možno určovať ďalšie parametre lesa - objem, poškodenie, druhové zastúpenie, výšku porastu alebo počet stromov (doplnená o leteckou snímku NIR aj stav lesa). Metóda sa hodí aj pre skúmanie priestorovej skladby, štruktúry jednotlivých častí koruny stromov, čo môže mať napríklad značný efekt pri štúdiu

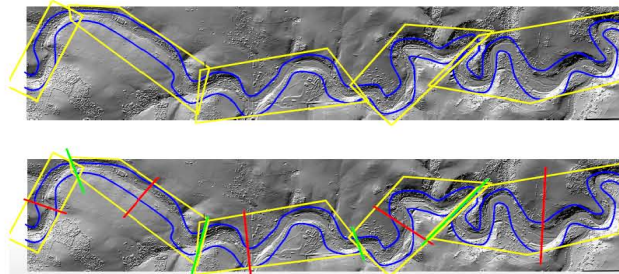
rastu lesov a jeho vnútorných zákonitostí. Pre porozumenie rastu lesa, je nutné poznať množstvo informácií nielen o biológii rastlín, ale aj o priestorovom usporiadaní ich častí. K tomu práve laserové skenovanie veľkou mierou prispieva. Žilinská univerzita v tejto oblasti spolupracuje s Národným lesníckym centrom a Ministerstvom pôdohospodárstva SR.



Obrázok 5 – Letecké mapovanie porastu využívajúce viacnásobný odraz lúča.

F. Mapovanie vodnej hladiny a pobrežia

Použitie pre mapovanie v blízkosti vodných plôch je veľmi závislé na dvoch faktoroch - či sa vyžaduje mapovanie vodnej hladiny alebo naopak dna pod vodnou hladinou. Pre každý z týchto úloh je nutné použiť iný letecký laser skener, respektíve lidar s rôznou vlnovou dĺžkou laserového žiarenia a s rôznym vyžiarovým výkonom. Zo spektrálnej charakteristiky vody je známe, že voda infračervené žiarenie (ktoré je najčastejšie pre laserové skenovanie používané) takmer úplne pohlcuje. Ak je účelom zistiť hranicu vodnej plochy napríklad pri povodni záplavovou čiaru, je táto vlnová dĺžka veľmi výhodná. V dátach sa vodná plocha bude správať, ako oblasť bodov s veľmi nízkou odrazivosťou. Letecký laser skener používaný na Žilinskej univerzite v Žiline má vlnovú dĺžku 1550 nm čo je vhodné pre mapovanie objektov nad hladinou resp. breh rieky.



Obrázok 6 – Mapovanie pobrežia rieky je riešené formou sekvenčné liniového skenovania.

ZÁVER

Letecké laserové skenovanie je veľmi mladou technológiou umožňujúcou zber bodov pre tvorbu digitálneho modelu reliéfu a modelu terénu a to aj v zalesnených oblastiach.

Hoci je táto technológia veľmi mladá, už našla svoje uplatnenie v mnohých praktických aplikáciách, ako je napríklad tvorba 3D modelu mesta, analýza pokrytia vegetáciou, sledovanie nadzemných vedení atď. Prvé experimenty a testy sa začali uskutočňovať približne pred 10 rokmi. Je zrejmé, že sa ide o pomerne novú metódu, ktorá sa dynamicky vyvíja. Laserové skenovanie je vyvinuté pre rýchle a operatívne mapovanie rozsiahlych území, kde štandardné metódy (tachymetrie, GPS, fotogrametria) už nepostačujú. Praktické uplatnenie na Slovensku našla táto metóda len nedávno, kedy Národné lesnícke centrum a Žilinská univerzita v Žiline obstarali prvé systémy za účelom vedy a výskumu. Celý proces merania a následného spracovania musí byť je z veľkej časti automatizovaný, vzhľadom na veľkosť spracovávaných údajov rádov desiatky TB. Všetky dáta sú získané už primárne v digitálnej podobe, a preto je tiež vyhodnotenie prevádzané na výkonných počítačoch.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu: *„Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry; ITMS 26220220156.“*



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/
Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

LITERATÚRA

- [1] Novák Sedláčková, A.: Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry In: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom a vojenskom letectve = Increasing safety and quality in civil military air transport : medzinárodná vedecká konferencia v rámci riešenia projektu VEGA 1/0884/12 - Základný výskum bezpečnosti na letiskách s nedostatočne rozvinutou navigačnou infraštruktúrou využívajúcich GNSS : Žilina, 26.-27.4.2012. - V Žiline: Žilinská univerzita, 2012. - ISBN 978-80-554-0519-3. - S. 239-243.
- [2] Dolanský, T.: Lídár a letecké laserové skenovanie, Acta Universitatis Purkynianae 99, STUDIA GEOINFORMATICA, 2004, ISBN 80-7044-575-0
- [3] Processing DTM, Trimble – GeoSpatial Division, 2012, file: S13_Processing_DTM_Harrier.ppt
- [4] Flight Planning, Trimble – GeoSpatial Division, 2012, file: H01_FlightPlaning.ppt
- [5] Trimble Harrier Data and Workflow – GeoSpatial Division, 2013, file: S01_Harrier_Data_Workflow.pdf