



Optech LiDAR

Zlatan Novak*

SAŽETAK. U ovom članku je dan opći pregled Optechove tehnologije laserskog skeniranja podijeljene na terestrički, zračni i svemirski dio. Prikazan je i reprezentativan proces obrade sirovih podataka iz terestričkog laserskog skenera, kao i nova dostignuća u ovoj tehnologiji.

KLJUČNE RIJEČI: Optech, LiDAR, TLS, ALS.

KLASIFIKACIJA prema COBISS-u: 1.05

1. Uvod

Danas je već dokazano da je budućnost geodezije i prikupljanja prostornih podataka uvelike određena razvojem LiDAR (**Light Detection and Ranging**) tehnologije. Ta je tehnologija izravno povezana s razvojem geodezije i geomatike, jer svaki odaslan laserski puls kao krajnji rezultat predstavlja prostornu informaciju. Važno je napomenuti ovisnost i međusobnu integraciju LiDAR tehnologije s razvojem ostalih geodetskih metoda prikupljanja prostornih podataka. Svaki LiDAR uređaj namijenjen prikupljanju prostornih podataka ovisi o GPS prijammnicima, inercijalnim sustavima, totalnim stanicama i drugim geodetskim uređajima i metodama. Svaki oblak točaka mora biti prikazan i upotrebljiv u određenom koordinatnom sustavu, georeferenciran i modeliran na

način da u konačnici predstavlja prostornu informaciju koja se prezentira kao plan, karta ili 3D model.

2. Optech - razvoj LiDAR sustava još od 1974. godine

Kada je riječ o LiDAR sustavima, tj. uređajima koji koriste laser za brzo i obilno prikupljanje prostornih podataka, bilo bi zanimljivo spomenuti i tvrtku koja se među prvima bavila njihovim istraživanjem i razvojem.

Vremeplov:

- Optech je tvrtka osnovana 1974. godine
- Prvi LiDAR sustavi bili su razvijani za potrebe istraživanja atmosferskog sastava
- Ranih 80-ih tvrtka započinje razvi-

jati avionske LiDAR sustave koji prethode SHOALS (Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey) sustavu

- Daljnji je razvoj rezultirao i realizacijom ALTM (Airborne Laser Terrain Mapper) avioskenera

- ILRIS-3D terestrički skener se bazira na razvoju LiDAR sustava za potrebe svemirskih istraživanja iz 1993. godine (URL-1.)

Unutar tvrtke postoji četiri odjela:

- »Terrestrial Survey» - odjel koji se bavi razvojem i implementacijom najzahvatljivijih LiDAR sustava za potrebe prikupljanja prostornih podataka iz aviona;

- »Marine Survey» - odjel koji je razvio zasad jedini sustav koji omogućuje penetraciju i ispod vodenih površina i predstavio značajan pomak u batimetriji. Ovaj se sustav odnosi isključivo na skeniranje iz aviona;

[*] Zlatan Novak, dipl. ing. geod., Geo3D, Varaždin, zlatan.novak@geo3d.hr

• »Industrial & 3D Imaging« - odjel specijaliziran za tzv. »ground based« LIDAR sustave, od kojih su najpoznatiji ILRIS terestrički 3D skener i zadnje tehnološko dostignuće na području mobilnog terestričkog skeniranja - »LYNX«;

• »Space and Advanced Technology« - jedan od znanstveno i istraživački najzahtjevnijeg odjela koji se bavi izradom i prilagođavanjem raznih LIDAR sustava za potrebe svemirskih istraživanja;

Ono po čemu LIDAR predstavlja budućnost i posebnost u prikupljanju prostornih podataka je velika gustoća podataka, njihova točnost i brzina prikupljanja. Rezultat laserskog skeniranja predstavlja virtualnu mjerljivu stvarnost koja postaje ključni i nezaobilazni element u daljnjim istraživanjima i zadire u širok spektar znanstvenih disciplina.

Pošto je primjena ove tehnologije zaista široka, zadržat ću se na proizvodima koje sam imao prilike upoznati i ukratko ću predstaviti njihove sustave i primjenu. Naglasak će biti na primjeni terestričkog ILRIS 3D skenera s kojim imam i najviše iskustva.

3. ILRIS 3D - terestričko lasersko skeniranje

Unazad nekoliko godina na tržištu se pojavilo mnogo proizvođača ovakvih uređaja. Sve ih povezuje pojam LIDAR i zajednički cilj - brzo i točno prikupljane velike količine prostornih podataka u obliku oblaka točaka koji predstavljaju mjerljiv 3D model.

Svaki od stacionarnih terestričkih 3D skenera ima neke svoje prednosti i mane. Međusobno se razlikuju dizajnom i tehnološkom konstrukcijom, koji ovise o njihovoj namjeni. Postoje skeneri kratkog, srednjeg i dalekog dometa. Tehnološka se rješenja razlikuju ovisno o samom karakteru lasera, njegovoj snazi, valnoj duljini, itd. Zasad je tehnološki nemoguće u jednom paketu dobiti sveobuhvatan skener koji bi zadovoljio potrebe svih zadataka. Fazni skeneri koriste velike frekvencije i male valne duljine, pri čemu se udaljenost određuje na temelju pomaka faze elektromagnetskog vala. Isto tako, razlika je i u samoj snazi laserske zrake. Oni se odlikuju visokom točnošću i velikom brzinom, no ograničavajući su im faktori domet i laserska emisija koja je opasna za oko. S druge strane, TOF (Time of flight) ili tzv. pulsni laserski skeneri preciznim mjeračem vremena mjere vrijeme puta laserske zrake od prepreke, pa natrag do senzora uređaja. U geodeziji je ovakav tip laserskog skenera našao najširu primjenu jer najbolje odgovara aplikacijama na koje

smo navikli.

Optech ILRIS 3D skener može se pohvaliti svojom širokom primjenom. Ono po čemu se razlikuje od ostalih jest modularnost (odabir komponenti), upotreba lasera klase 1 koji je u potpunosti siguran za ljudsko oko pri svim načinima rada i ima najveći dinamički raspon dometa, čime omogućuje prikupljanje prostornih podataka od 3 m do 1500 m. U osnovnoj izvedbi, taj domet iznosi približno 800 m, dok se upotrebom hardverskog dodatka ER (enhanced range) omogućuje povećanje dometa i do 40% što ga svrstava u terestričke skenerne najvećeg dometa.

4. Primjer CAD rekonstrukcije objekata kulturne baštine

Sljedeći se primjer projekta odnosi na prikupljanje prostornih podataka bližeg dometa i predstavlja primjenu u očuvanju kulturne baštine i izradi projekta obnove. Ovakav uradak i kompletna dokumentacija kasnije može koristiti za pohranjivanje postojećeg stanja povijesne građevine, izradu 3D modela, izradu ortofota ili CAD tehničke rekonstrukcije za potrebe izrade arhitektonskog projekta obnove i dr. Ovakva obrada podataka predstavlja trenutno najkompletniju i najkvalitetniju metodu očuvanja, ne samo arhitektonske, već i ostale kulturne baštine. Reprezentativan projekt opisan u ovom članku odnosi se na rekonstrukciju pročelja povijesnog objekta - zgrade pošte u Novskoj.

Optech je prvenstveno hardverska tvrtka koja je više od 30 godina usmjerena isključivo na razvoj LIDAR hardvera i tehnologije laserskog skeniranja. Vezano uz programsku podršku i obradu podataka prikupljenih ovim uređajima, Optech je razvio partnerske odnose s tvrtkama proizvođačima softvera. Te tvrtke, prateći Optechov hardverski razvoj, prilagođavaju svoj softver zahtjevima i mogućnostima koje sam skener nudi. Za obradu podataka prikupljenih ovim skenerom, korisnik može sam odabrati programsku aplikaciju bilo kojeg proizvođača.

Unos podataka, čišćenje, spajanje modela i orijentacija obavljani su u programskom paketu PolyWorks, tvrtke proizvođača Innovmetric iz Kanade. Softver spada u poznatiju skupinu programskih paketa za obradu i analizu 3D podataka prikupljenih laserskim skenerom, s bogatim mogućnostima analize i obrade podataka.

Kako se LIDAR tehnologija naglo razvija i lasersko skeniranje u geodeziji postaje sve zastupljenije, javlja se i velik broj proizvođača programskih aplikacija koje se specijaliziraju za određene vrste zada-

taka. Prilikom izrade ovog projekta, korišteno je nekoliko aplikacija za određene faze obrade. Korišten je Optechov program za kontrolu i definiciju same izrade oblaka točaka i korišteni su alati za orijentaciju fotografija velike rezolucije, napravljenih vanjskim profesionalnim DSLR fotoaparatom. ILRIS 3D skener ima ugrađenu kalibriranu kameru koja se koristi za automatizirano bojanje oblaka točaka stvarnim bojama. Međutim, ovaj skener omogućuje i jednostavno korištenje bilo kojeg vanjskog fotoaparata, pod uvjetom da je obavljena kalibracija istog, odnosno korištena aplikacija za unutarnju i vanjsku orijentaciju. Na taj je način uvijek moguće koristiti i profesionalnije kamere visokih rezolucija i kvalitetnijih objektivna i na taj način dobivati vizualno vjerodostojne 3D modele u stvarnim bojama.

Jedna od aplikacija koja je za ovu vrstu projekta bitna je CAD program koji omogućuje manipulaciju velikim brojem točaka i dovodi ih u poznato CAD okružje za daljnju vektorsku rekonstrukciju. Rezultat je vektorski 3D model i izrada ortogonalnih projekcija, presjeka i pogleda. Danas već postoji više takvih aplikacija i pri odabiru najboljeg rješenja vrlo je važno dobro poznavati princip rada i mogućnosti koje sirovi podaci mogu pružiti. Postoje dodatni moduli koji se automatski implementiraju u već postojeće dobro poznate programske pakete, kao što je AutoCad.

Nakon korištenja osnovnih aplikacija za unos sirovih podataka, njihovog čišćenja, spajanja i georeferenciranja, slijedi ulazak modela (oblaka točaka) u CAD okružje.

Naš slučaj prikazuje upotrebu samostalno CAD aplikacije pod nazivom Zmap, tvrtke proizvođača Mencisoftware iz Italije.

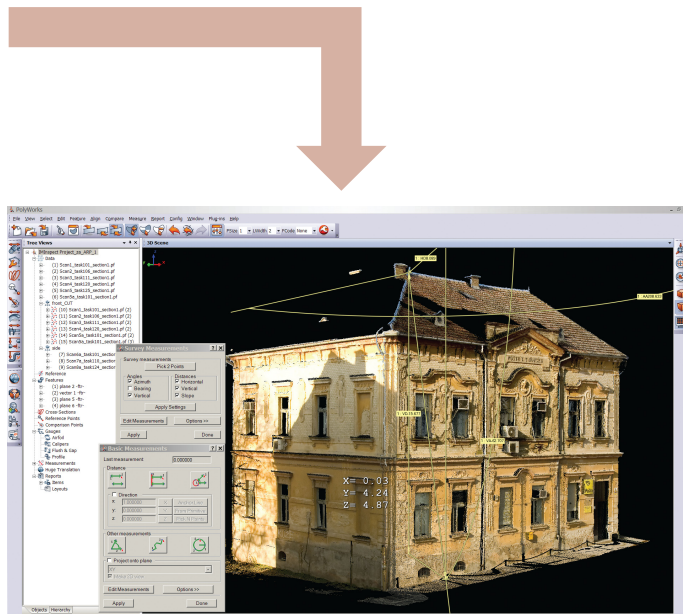
Posebnost ovog programa je u tome što uz klasične CAD mogućnosti vektorskog crtanja, nudi i mogućnost upravljanja velikim oblacima točaka (kao rezultat laserskog skeniranja) i fotogrametrijsku metodu obrade s vrlo brзом i točnom izradom DOF-a pomoću DEM-a dobivenog iz 3D modela. Funkcije poput izrade presjeka, slojnice, definiranje vlastitog UCS-a, crtanje u različitim ravninama direktno na »oblaku točaka« ili na orto-rectificiranim fotografijama prevučenim preko 3D modela, brzo, točno i automatizirano, samo su neke koje ovaj softver nudi.

Slike 1a-1f prikazuju proces obrade podataka - unos sirovih mjerenih podataka, orijentaciju modela i CAD rekonstrukciju. (Rekonstrukcija pročelja zgrade pošte u Novskoj.)

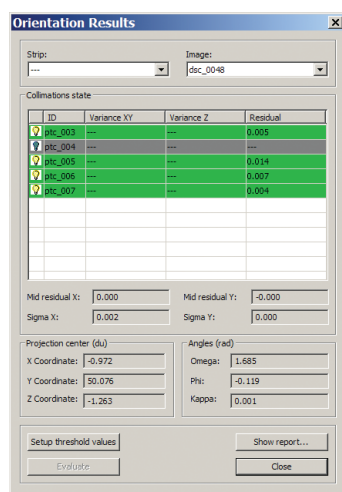
Završna se dokumentacija sastoji od baze fotografija, obojenog 3D modela u



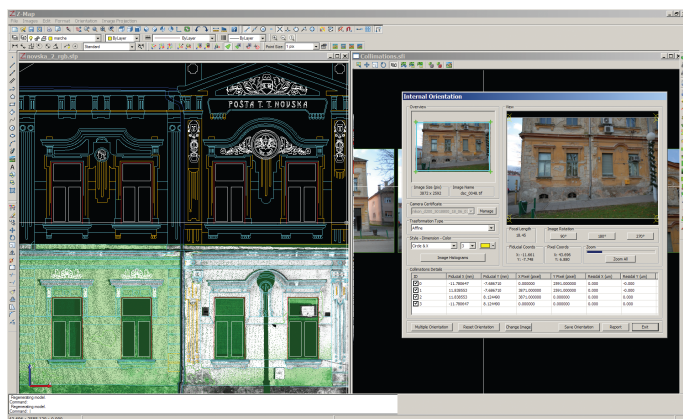
Slika 1a. Unos sirovih podataka i definiranje parametara oblaka točkica (parser)



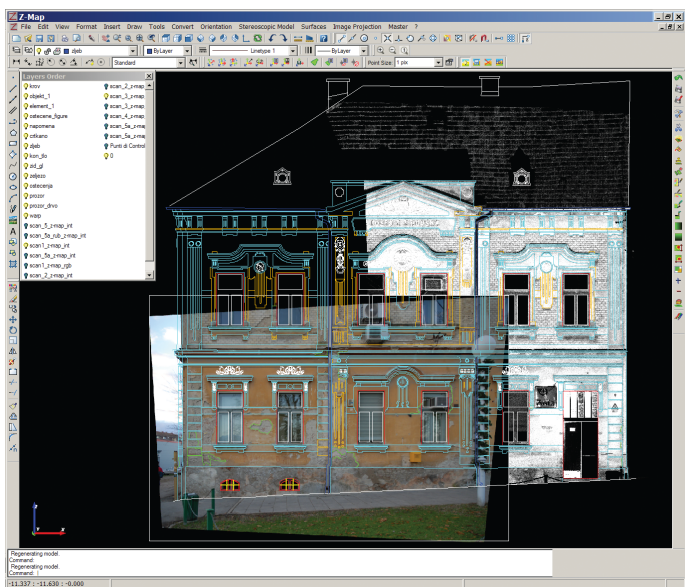
Slika 1b. Orijentacija modela, spajanje i georeferenciranje (polyworks)



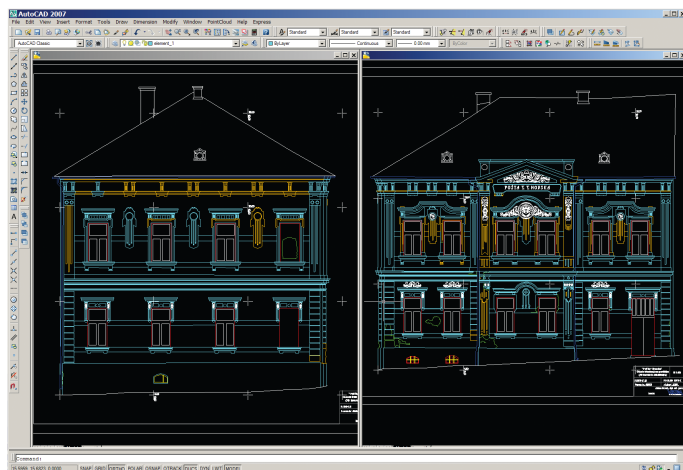
Slika 1. Rezultat vanjske orijentacije (ocjena točnosti) nakon kolimacije točkica na fotografiji sa točkama na 3D modelu (z-map)



Slika 1c. Unutarnja orijentacija (upotreba kalibracijskih parametara za određeni objektiv) (z-map)



Slika 1e. 3D CAD crtanje u vlastito odabranim ravninama direktno na modelu, ili na ortorektificiranim fotografijama (z-map)



Slika 1f. Završna obrada u AutoCAD-u

obliku oblaka točkica s preglednikom koji omogućuje mjerenja dužina, kuteva, visinskih razlika, očitavanja koordinata i dinamičke funkcije upravljanja modelom. Uz to, postoje i klasične 2D i 3D CAD rekonstrukcije pročelja, presjeka, tlocrta, itd. Postoji i mogućnost elaboriranja pročelja u obliku ortofota preklapljenog CAD vektorskom rekonstrukcijom.

Ovo je samo manji primjer obrade podataka. Ovakav digitalno-analogni geodetski elaborat na jedinstven način obuhvaća više namjena - služi kao podloga za izradu projekta obnove povijesnog objekta, a može se upotrijebiti i za izradu 3D baze prostornih podataka, te trajno i detaljno pohranjivanje postojećeg stanja objekta od kulturne ili neke druge važnosti.

Sljedeći primjeri prikazuju neke od ostalih primjena, kao što su:

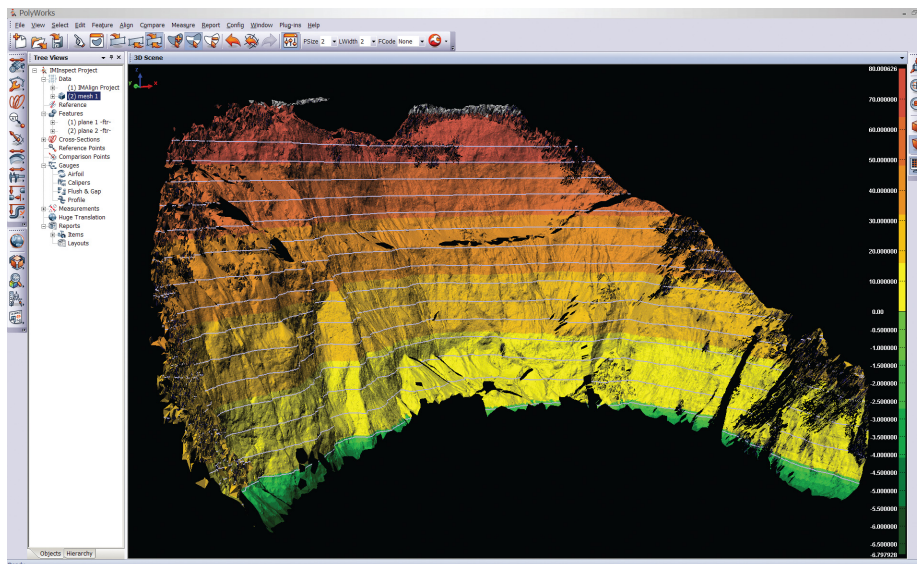
- 3d modeli otvorenih kopova za potrebe praćenja iskopa, pomaka i deformacija. Izračuni volumena i geološka istraživanja. Izrada topografskih karata, iscrtavanje slojnica i izrada digitalnog modela reljefa (Slike 2, 3a i 3b).

- Industrijska postrojenja, modeliranje cijevi, projektiranje (Slika 4).

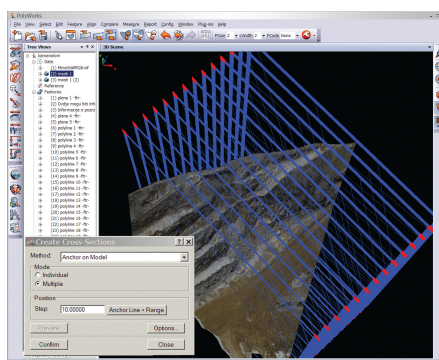
Svakim projektom unosi se originalnost i nova namjena, pa možemo zaključiti kako se svakim danom otkrivaju različiti zadaci koji pronalaze svoja rješenja korištenjem ove tehnologije - od rješavanja ekološke katastrofe zbog nekontroliranog masovnog razmnožavanja školjaka u Sjevernom moru (periodičko praćenje povećanja volumena školjaka u moru), do rješavanja talačke krize određivanjem 3D položaja pljačkaša i žrtava preko tamnih stakala banke.

5. Integracija »ground based« LIDAR sustava s inercijalnim sustavom i najnovija dostignuća u području razvoja mobilnog skeniranja

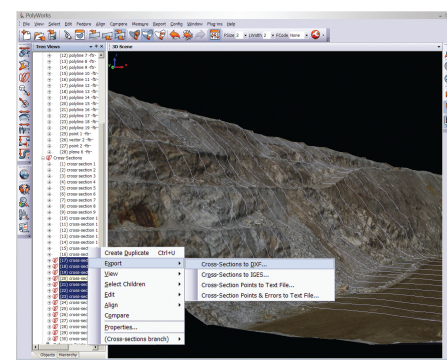
Razvoj tehnologije laserskog skeniranja nastoji udovoljiti sve većim tržišnim zahtjevima za brzinom i točnošću prikupljanja prostornih podataka. Sljedeći je korak kod terestričkog skeniranja mobilno skeniranje. Kao modularan sustav, ILRIS laserski skener nudi i tzv. MC (motion compensation) nadogradnju. Svako izmjerenoj točki pridodaje se i točno vrijeme, koje se kasnije, korištenjem inercijalnog sustava za vrijeme skeniranja, može poistovjetiti i sa zabilježenim vremenom preciznog GPS pozicioniranja, a isto tako i s korekcijama inercijalnog sustava. Dakle, MC dodatak omogućuje povezivost odabranog POS (Position and Orientation Systems) sustava s ILRIS-3D skenerom. Na



Slika 2. Kamenolom u Klanjcu - DEM



Slika 3a. Određivanje ravnina presjeka na modelu



Slika 3b. Zapis presjeka u dxf datoteku



Slika 4. 3D RGB model (oblak točkica) petrokemijskog postrojenja

taj način oblak točkica postaje automatski georeferenciran, odnosno transformiran u WGS84 ili neki drugi koordinatni sustav.

Kod korištenja ILRIS-a kao laserskog senzora, ovisno o namjeni mobilnog skeniranja, postoji više različitih načina izgradnje kompletnog sustava i njegove prilagodbe vozilu ili nestabilnoj platformi. Svaka ugradnja je jedinstvena i obuhvaća sljedeće glavne komponente:

- ILRIS MC (laserski 3D skener)
- APPLANIX POS/LV (inercijalni sustav) koji se sastoji od:

- GPS sustava (globalno pozicioniranje)
- IMU-a (Inertial Measurement Unit - inercijalna mjerna jedinica)

APPLANIX POS/LV (Position and Orientation Systems/Land-based vehicle) sustav, uz GPS sadrži i tzv. IMU (Inertial Measurement Unit). IMU se sastoji od 3 akcelerometra i tri žiroskopa, koji mjere akceleraciju i kutne pomake potrebne za izračun svih komponenti kretanja vozila (uključujući poziciju, brzinu, ubrzanje, orijentaciju i rotaciju).

DMI (Distance Measurement Indicator) je još jedan uređaj kojim se nadopunjuje kompletan sustav. Uređaj je izravno montiran na kotač vozila i precizno mjeri prevaljenu udaljenost. Ovaj uređaj šalje POS/LV sustavu podatke vezane uz udaljenost prijedenu za vrijeme gubitka GPS signala.

Slike 5a-5c prikazuju integraciju ILRIS MC terestričkog skenera s inercijalnim sustavom, (montirano na vozilo).

Ovaj je sustav prethodio vrhuncu razvoja mobilnog prikupljanja prostornih podataka. U rujnu je prošle godine Optech predstavio revolucionaran LYNX Mobile Mapper sustav (Slike 6a-6c). Razlika između ILRIS MC i LYNX sustava je u tome što je novi sustav namijenjen isključivo mobilnom skeniranju i dolazi kao jedinstven sklop i puno je brži. Koristi najnoviju iFLEX tehnologiju LiDAR senzora koji omogućuju izmjeru od 100 000 točaka u sekundi, korištenjem lasera klase 1 u potpunosti sigurnog za ljudsko oko. Osmišljen je s dvije glave senzora koje rotacijom pokrivaju čitavo polje vidljivosti od 360°. Cjelokupni sustav zajedno s APPLANIX inercijalnim sustavom omogućuje prikupljanje podataka pri velikim brzinama (i do 100 km/h). Točnost je unutar 5 cm, a dvije rotacijske laserske glave montirane pod određenim kutovima rješavaju problem sjena prilikom skeniranja.

Ovakav sustav u konačnici nudi jedinstven (povezan), točan i georeferenciran 3D model.

6. Skeniranje iz aviona - ALTM (Airborn Laser Terrain Mapper) i SHOALS

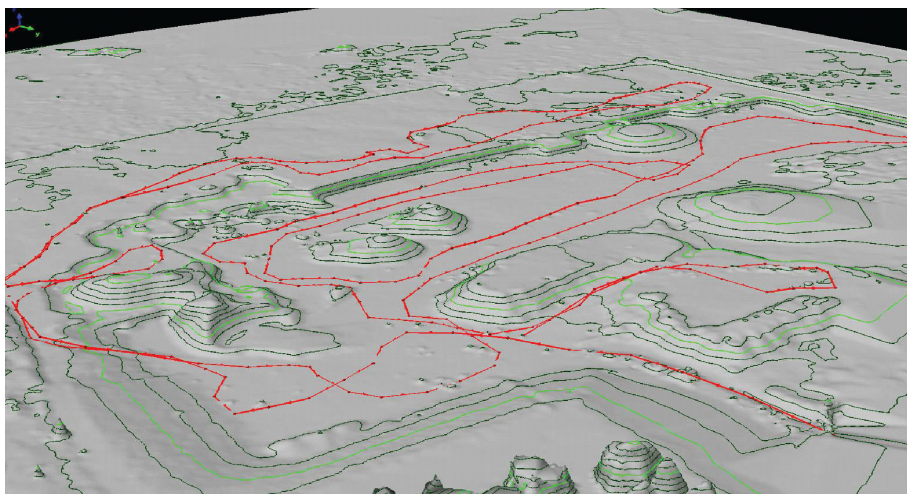
Zahvaljujući svojoj dugoj tradiciji, Optech je danas usavršio nekoliko sustava koji se odnose na primjenu LiDAR tehnologije u zrakoplovu. Dosadašnje metode geodetske izmjere iz zraka temeljile su se na primjeni aerofotogrametrijskih metoda. Nadogradnja aerofotogrametrijskih metoda LiDAR tehnologijom predstavlja danas vrhunac razvoja geodetske izmjere iz aviona (Slika 7). Lasersko skeniranje na visinama od 80 do 4 000 m ponovno pokazuje namjeru Optecha da svojim proizvodom ponudi široki spektar primjene i kada je riječ o ovoj metodi. Trenutno su razvijena dva poznata sustava: jednostavniji ALTM 3100EA i, posljednje dostignuće, ALTM Gemini 167.

ALTM Gemini zadržava sve tehničke mogućnosti sustava ALTM 3100EA, ali nudi i povećanje od 60 % u prikupljanju podataka i ostalim karakteristikama, pa je time ispred bilo kojeg komercijalnog

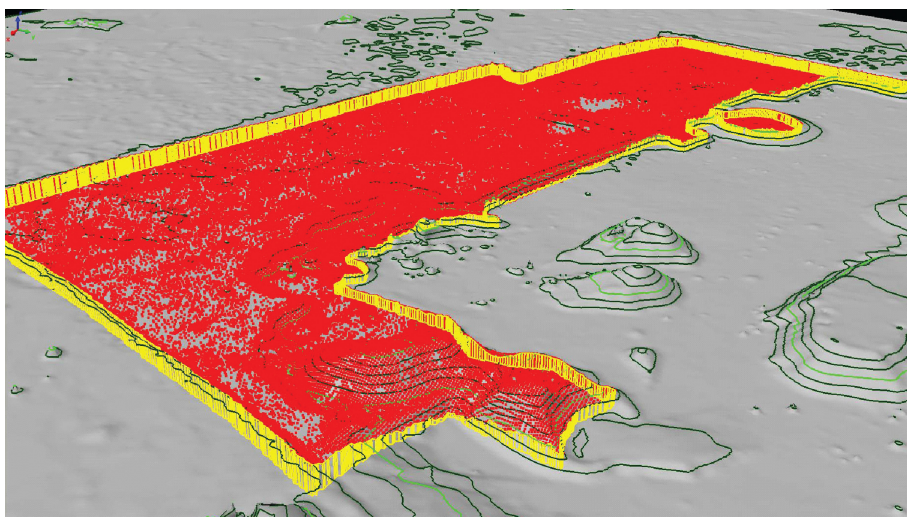


Slika 5a. Vozilo sa integriranim ILRIS MC, APPLANIX POS/LV i DMI sustavom

Vrijeme izmjere:
* 30min
Brzina:
* 3-5 km/h
Broj točaka:
* cca. 18 000 000
Povšina:
* 30ha
Konačna točnost:
* 5cm



Slika 5b. 3D model izmjerene područja sa slojnicama i prikazom trajektorije kretanja vozila (linija crvene boje)



Slika 5c. Analiza podataka - izračun volumena

LiDAR sustava na svijetu. Oznaka 167 se odnosi na frekvenciju od 167 kHz. Uz veliku ponovljivost laserskog pulsa, ovaj sustav koristi i tzv. »multipulse« tehnologiju, koja omogućuje u konačnici četiri povratna signala. »Multipulse« tehnologija omogućuje selektivno odvajanje modela terena od vrhova drveća, ukoliko je riječ o šumovitom predjelu ili nekom drugom obliku vegetacije, ili pak nekih drugih objekata kao što su žice dalekovoda, atmosferska zagađenja, itd.

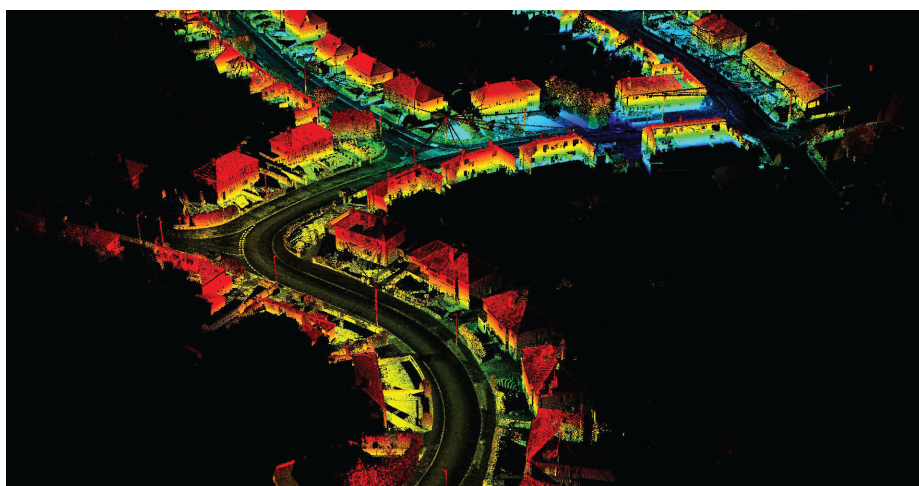
7. Batimetrijski LiDAR sustav SHOALS (Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey)

SHOALS je jedini batimetrijski laserski avioskener na tržištu i jedini avioskener koji koristi LiDAR tehnologiju kod skeniranja dna na i dublje od 50 m ispod vodene površine.

SHOALS prikuplja prostorne podatke dna mora, rijeka, jezera i obalnih linija



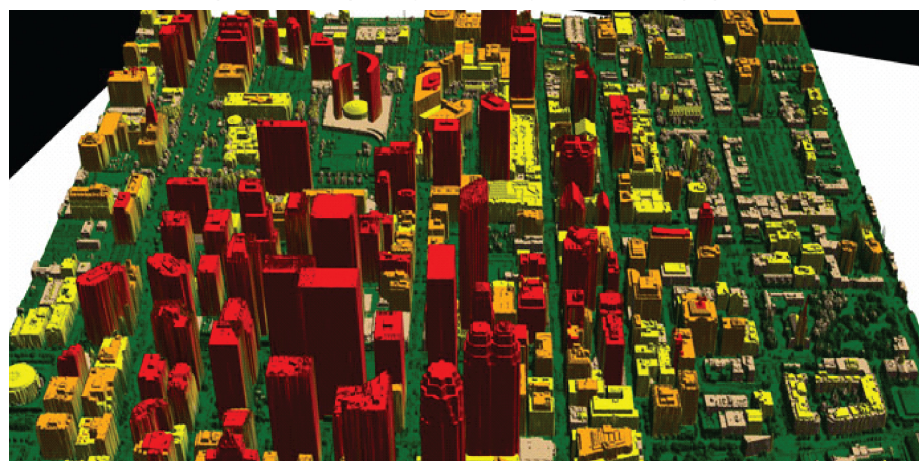
Slika 6a. Vozilo sa integriranim cijelokupnim LYNX »Mobile Mapper« sustavom



Slika 6b. 3D model (oblak točkica) ceste kao rezultat skeniranja LYNX sustavom sa visinskim prikazom



Slika 6c. 3D model (oblak točkica) detalja u crno-bijelom »intensity« prikazu



Slika 7. 3D model Toronta kao rezultat upotrebe Optech LIDAR tehnologije iz zraka.

nudeći istovremeno dva skupa podataka - teren, vodu (pa tako i dubinu).

SHOALS koristi dvije valne duljine - 532 nm i 1064 nm iz Nd-YAG lasera. Laser od 532 nm (5 mJ green output) se zbog dobre penetracije kroz vodu koristi za izmjeru dubine, a 1064 nm (5 mJ IR output) puls se zbog velike apsorpcije koristi za određivanje vodene površine. Točnost dubine izmjerene SHOALS sustavom kreće se unutar 25 cm. Postoje dva sustava, slabiji SHOALS-1000 i novi, brži SHOALS-3000. SHOALS omogućuje brzu i kvalitetnu izmjeru velikih obalnih područja, nudeći kompletan i detaljan 3D prikaz terena, vodenih površina i terena ispod njih. (Guenther *et al*, 2000)

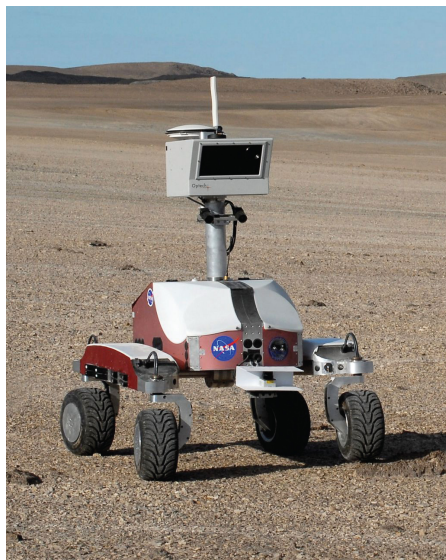
8. »Space, the Final Frontier...«

Od samih početaka Optech je blisko surađivao sa svemirskim istraživačkim centrima CSA (Canadian Space Agency) i američkom NASA-om. Iza njih je duga suradnja i velik broj realiziranih znanstvenih i praktičnih projekta. Kratko ću se zadržati na aktualnim »Phoenix« i »Houghton Crater« misijama i njima završiti ovaj pregled LIDAR tehnologije tvrtke Optech.

LIDAR u svemiru omogućuje:

- Autonomno spajanje svemirske letjelice s međunarodnom svemirskom stanicom
- Mjerenje brzine i praćenje kretanja satelita i ostalih objekata
- Sigurno slijetanje na Mjesec izbjegavajući opasnosti poput oštih stijena i nepredvidivih padina
- Mjerenje kemijske kompozicije i koncentracije atmosfere na Marsu
- Izrada 3D modela asteroida i planeta

NASA je 4. kolovoza 2007. godine lansirala svemirsku letjelicu Phoenix (Slika 9). Phoenix je trenutno na svom putovanju i 25. svibnja ove godine će, nakon puta od 680 milijuna kilometara, sletjeti u blizini Sjevernog pola Marsa i započeti potragu za vodom i ostalim biološkim elementima koji bi mogli dokazati mogućnost života na planetu. Osim što je sustav slijetanja također baziran na LIDAR tehnologiji Optecha, robotska letjelica opremljena je sensorima koji su identičnim ILRIS 3D laserskom skeneru, no naravno, hardverski prilagođeni cjelokupnoj letjelici. Postoji još niz LIDAR senzora koji su dio meteorološke stanice koja će precizno i točno modelirati klimatske promjene na površini planeta i omogućiti predviđanja budućih promjena. Skenira-



Slika 8. NASA Ames K10 rover (treća generacija) sa ILRIS 3D skenerom

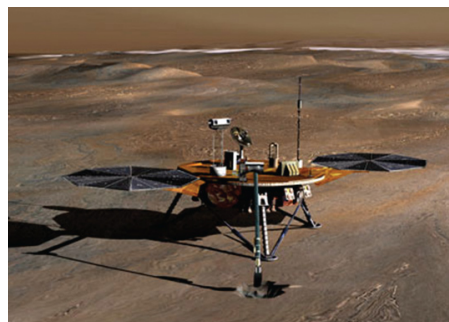
ghton (Devon Island, Kanada) u ljetu 2007. godine. Dva su robotička »planetarna rovera« Ames K10 (Slika 8) na simuliranom terenu, sličnom onom na Mjesecu, izvršila sistematsku 3D izmjeru obuhvaćajući područje od 50 ha nazvano »Drill Hill«. Roveri su izvršili 3D skeniranje, za potrebe topografskog kartiranja i 3D modeliranja i koristili su podzemni radar za kartiranje i prikazivanje podzemne strukture.

Istraživanje se provodi u svrhu izgradnje svemirske stanice na Mjesecu, do 2020. godine, koja bi omogućila stalno prisustvo ljudi na Zemljinom satelitu. U pripremnom je istraživanju, zbog prostornog planiranja (zone slijetanja, izgradnje infrastrukture, itd.) te organizacije površinskog istraživanja i ostalih znanstvenih i istraživačkih projekata, vrlo važno detaljno izmjeriti čitavo područje predviđeno za izgradnju (Fong *et al.*, 2008).

Površinska istraživanja Mjeseca obavljat će se u blizini polarnog kratera ili u njemu - na strmom i teškom terenu i u većini slučajeva u stalnoj sjeni (zato je

njem polarnog neba Marsa znanstvenici će prvi puta u povijesti istraživanja svemira vidjeti vrlo detaljno razne atmosferske aktivnosti - ledene oblake, atmosfersku prašinu i dr. Naravno, mnogo toga neočekivanog će se tek otkriti tijekom analize prikupljenih podataka. (URL-5, URL-6)

Paralelna misija, u kojoj glavnu ulogu ima ILRIS 3D skener, odnosi se na testiranje robotičke 3D izmjere kod kratera Hau-



Slika 9. Phoenix Mars Lander 2008

za testiranje i odabran krater na Zemlji). Detaljan 3D model i kartiranje područja istraživanja postaje ključni element čitave misije, pa je i geodetska disciplina, zajedno s primjenom LIDAR satelitske ili terestričke metode izmjere, vrlo bitna.

Neću previše komplicirati sa zaključkom, jer ih je već bilo dovoljno u ovom poduljem »LiDAR by Optech« pregledu. Svim ovdje navedenim procesima zajedničke su tehnologija i metoda, a one se dobrim dijelom temelje na dobroj staroj geodeziji. Nisam baš najbolji u grčkom jeziku, ali kao čovjek u struci znam da riječ geodezija na starogrčkom doslovno znači »mjeriti zemlju«. Dobro da stari Grci, koji imaju autorsko pravo na brend naše znanstvene discipline, nisu sve ovo predvidjeli jer mi se više sviđa naziv geodezija nego cosmodezija.

Literatura

- Fong, T., Allan, M., i dr. (2008): Robotic Site Survey at Haughton Crater, 9th International Symposium on Artificial Intelligence, Robotics and Automation in Space (iSAIRAS), Los Angeles, CA. 26-29 February 2008.; http://ase.arc.nasa.gov/projects/haughton_field/pdfs/isairas08-fong.pdf (02.01.2008)

- Guenther, G.C., Cunningham, A. G., LaRocque, P.E. and Reid, D.J. (2008): Meeting the accuracy challenge in airborne lidar bathymetry, Proceedings of EARSeL-SIG-Workshop LIDAR, Dresden/FRG, June 16 - 17, 2000

- URL-1: <http://www.optech.ca> (02.12.2007.)

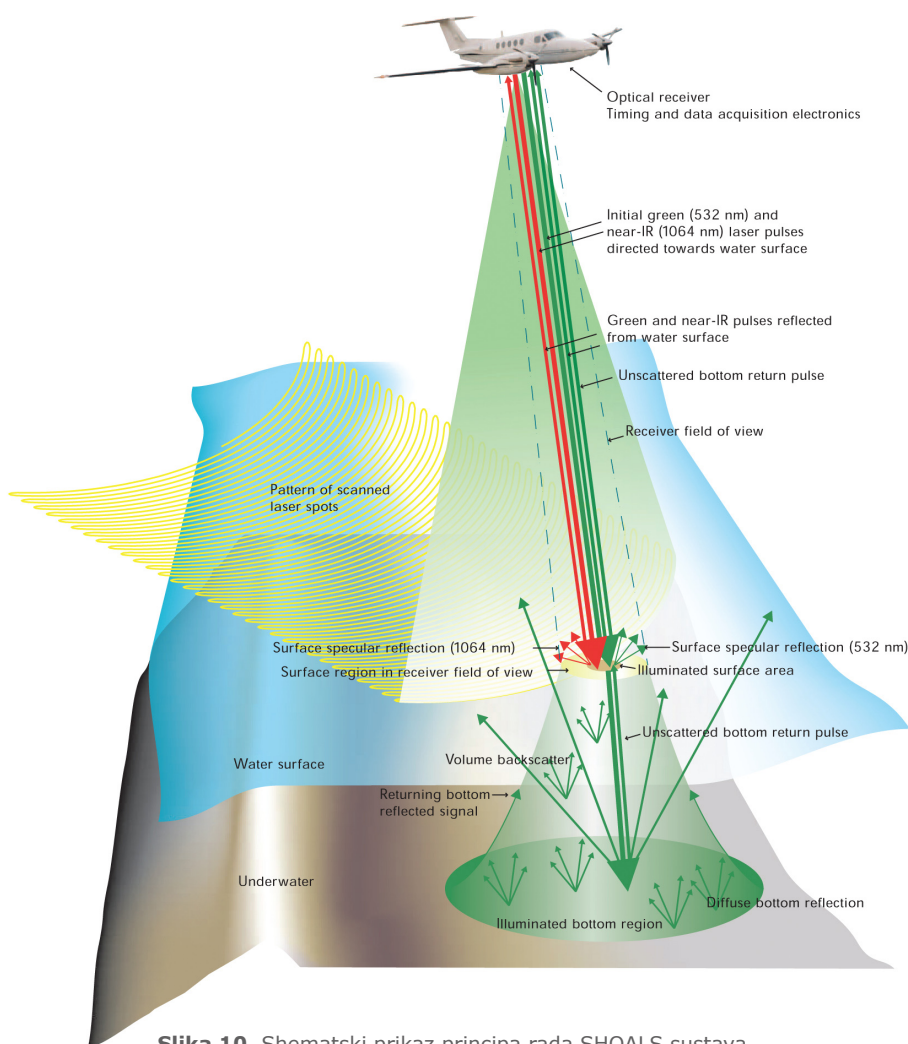
- URL-2: <http://www.geo3d.hr> (02.12.2007.)

- URL-3: <http://www.nasa.gov> (02.12.2007.)

- URL-4: <http://www.applanix.com> (02.12.2007.)

- URL-5: Phoenix Launch, Mission to the Martian Polar North, PressKit/August 2007; http://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/phoenix-launch-presskit.pdf (02.12.2007.)

- URL-6: http://www.optech.ca/press_Optech_Mars.htm (02.12.2007.)



Slika 10. Shematski prikaz principa rada SHOALS sustava