

PRIMJENA LASERA U GEODEZIJI

Almedina Hatarić, PhD, email: almedina.hataric@iu-travnik.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

Sažetak: Laser je uređaj za stvaranje i pojačavanje koherentnog elektromagnetskog, najčešće monokromatskog, usko usmjerenog zračenja. Otkriće lasera pripisuje se Theodoru Maimanu koji je uspio proizvesti prvu lasersku zraku u Hughes Research Laboratoriju u Kaliforniji, 16. maja 1960. godine. Maiman je pomoću bljeskalice obasjavao crveni kristal rubina, čije su plohe bile posrebrene i čime je izazvao lasersku emisiju u crvenom dijelu spektra na 694 nm. S obzirom na agregatno stanje tvari, laseri se dijele na plinske, tekuće i krute. Lasere također možemo podijeliti prema načinu rada te ih tako dijelimo na impulsne i kontinuirane. Primjenu lasera možemo pronaći u mnogim granama ljudske djelatnosti kao što su industrija, medicina, stomatologija, telekomunikacije, energetika, obrada materijala, vojna industrija itd.

Ključne riječi: laser, geodezija, svjetlost

APPLICATION LASERS IN GEODESY

Abstract: Laser is a device for creating and enhancing coherent electromagnetic, most often monochromatic, narrow-beam radiation. The laser discovery was attributed to Theodore Maiman, who succeeded in making the first laser beam at the Hughes Research Laboratory in California, May 16, 1960. Maiman blasted a red crystal of ruby with a flash of light, the surface of which was hot and caused a laser emission in the red section of the spectrum at 694nm. By the aggregate state of the substance, the lasers are divided into gas, liquid and rigid. They can be divided into mode and thus shared on impulsive and continuous. Lasers found applications in many branches of human activity such as industry, medicine, dentistry, telecommunications, energy, materials processing, military industry etc.

Key words: laser, geodesy, light

UVOD

Kako su se početkom devedesetih godina na tržištu pojavili prvi terestrički laserski 3D sistemi došlo je do značajnog tehničkog napretka na tom području. Mjerna se 3D tehnologija danas koristi na područjima gdje je do sada primjenu uglavnom nalazila klasična terestrička fotogrametrija i tahimetrija (Schulz i Ingensand, 2004). Fotogrametriju i lasersko skeniranje je moguće i kombinovati (Becker et al. 2004). Danas su, potaknuti hardverskim i softverskim napretkom, laserski 3D sistemi su u mogućnosti zabilježiti oblike i objekte koristeći gustu 3D mrežu tačaka.

Primjene laserskog skeniranja vrlo su raznolike, od arheologije (Vozikis et al. 2006), arhitekture, građevinarstva, strojarstva do snimanja klizišta za potrebe geodinamičkih ispitivanja. Sam princip rada 3D laserskog skenera temelji se na usmjerenom odašiljanju laserskog signala iz mjernog instrumenta koji dolazi do željenog objekta skeniranja i reflektira se natrag prema mjernom instrumentu (Luhmann, 2006). Sam princip rada je relativno jednostavan i poznat već duže vrijeme, ali je glavna zapreka u izvedbi takvog sistema bila tehničke prirode, sama konstrukcijska izvedba takvog preciznog sistema.

1. LASERSKO SKENIRANJE

Lasersko skeniranje nije zamjena za postojeće tehnike geodetskog snimanja, ali je alternativa koja se može upotrijebiti u većini geodetskih poslova. Skeniranje se odvija već poznatom metodom registracije udaljenosti i ugla do određene tačke u području snimanja. Rezultat ovakvog načina snimanja je skup trodimenzionalnih XYZ tačaka koji se naziva oblak tačaka. Prostorna udaljenost između susjednih snimljenih tačaka unutar oblaka tačaka zavisi o blizini objekta snimanja i tehničkoj specifikaciji samog instrumenta. Većina današnjih skenera može snimiti vrlo guste oblake tačaka, pa je tako moguće dobiti tačke na snimljenom objektu međusobno udaljene tek jedan milimetar. Oblak tačaka može uz svoje prostorne, relativne ili apsolutne, koordinate sadržavati i intenzitet RGB (Red Green Blue) model boje reflektirane površine.

To znači, reflektira li se laserska zraka od zelenog lista na drvetu, ta tačka će uz pripadajuće koordinate sadržavati i podatak o boji i intenzitetu reflektirane zrake. RGB model boje dobiven je unutrašnjom (ugrađenom) ili vanjskom (kombinacija) kamerom, dok se vrijednost intenziteta dobiva iz jačine odbijenog signala.

Budući da se laserskim skenerom često prikupi i više milijuna tačaka po stajalištu, vođenje detaljne skice je nepotrebno jer se iz oblaka tačaka može dobiti i više nego dovoljno informacija za identifikaciju svih snimljenih objekata i izradu plana situacije. Kao primjer izvrsno može poslužiti snimljena (skenirana) cesta i uz cestu postavljena ploča na kojoj piše ime ulice. Iz oblaka tačaka lako je pročitati naziv ulice na ploči jer je uz nekoliko stotina tačaka dobiven oblik i informacija o boji (npr. bijela slova na plavoj podlozi).

2. PODJELA SKENERA PREMA NAČINU SNIMANJA

U današnje vrijeme je moguće razlikovati tri vrste TLS-a prema načinu snimanja, međutim još ne postoji standard za usmjeravanje laserske zrake, tako da svaki proizvođač ima svoj sistem za posebne aplikacije.

Tri uobičajene vrste skenera prema načinu snimanja su:

- skeneri-kamere: ograničeni prozor snimanja - FOV (Field Of View) npr. $40^{\circ} \times 40^{\circ}$. Može se usporediti s fotogrametrijskim kamerama, što znači da skeniraju sve što se nalazi u trenutnom prozoru snimanja, npr. CYRA 2500 (Leica) ili ILIRIS 3D (OPTECH). Snimanje se izvodi pomoću dva sinhronizirana ogledala (horizontalno i vertikalno) koja usmjeravaju lasersku zraku. Ovaj način snimanja zna biti vrlo nepraktičan zbog uskog područja snimanja, ali često ovaj tip skenera ima vrlo veliki domet (i više od 1000 m), što nadoknađuje navedeni nedostatak.
- panoramski skeneri: FOV je limitiran samo bazom instrumenta, što znači da skenira sve oko sebe, osim područja ispod postolja na kojem se nalazi u trenutku skeniranja, npr. IMAGER 5003 (Zoller + Frohlich) ili HDS4500 (LEICA). Snimanje se izvodi rotacijom jednog ogledala koje usmjerava lasersku zraku u vertikalnom uglu od otprilike 310° i rotacijom cijelog postolja instrumenta za 360° oko vertikalne osi. Na taj se način dobiva snimak od $310^{\circ} \times 360^{\circ}$. Prednost ovog tipa skenera je u njihovoj brzini prikupljanja podataka i veličini područja skeniranja. Nedostatak je kratki domet i upotreba im je u većini slučajeva ograničena na interijere objekata.
- hibridni skeneri: FOV u horizontalnoj osi je 360° , dok je po vertikalnoj osi limitiran na otprilike 60° . Ovaj tip skenera sadrži rotacijsku prizmu ili ogledalo, koji se rotiraju oko horizontalne osi. Skenira sve u vertikalnom uglu od 60° , u trenutnom smjeru gledanja.

Cijeli se instrument (ili njegov dio) rotira oko vertikalne osi za 360°, npr. GX (TRIMBLE) ili LMS Z 360 (RIEGEL). Na taj se način dobiva snimak od 60° x 360°.

Ovaj se tip instrumenta zbog svoje svestranosti najčešće koristi u praksi.

Jedinstvenu kategorizaciju TLS-a je vrlo teško napraviti jer se primijenjena tehnologija bitno razlikuje od modela do modela. Vrlo je važno naglasiti da ne postoji univerzalni skener za sve primjene. S obzirom na njihovu tehničku izvedbu i tehničke specifikacije kojima se odlikuju, neki skeneri su bolji za interijere i detalje, dok su drugi bolji za eksterijere i velike objekte.

3. PODJELA SKENERA PREMA NAČINU MJERENJA UDALJENOSTI

Terestričke je laserske skenere moguće kategorizirati i po načinu mjerenja udaljenosti. Tehnologija mjerenja udaljenosti izravno utječe na domet i tačnost skeniranja. Danas se koriste tri različite tehnologije mjerenja udaljenosti laserskim skenerima - pulsna, fazna i triangulacijska metoda. Navedene se tehničke izvedbe obično koriste samostalno, ali moguće ih je kombinovati kako bi se dobio raznovrsni sistem za skeniranje.

Terestrički laserski skeneri kategorizirani po načinu mjerenja udaljenosti su:

- Pulsni (eng. TOF - Time Of Flight) - radi na principu mjerenja vremena između odaslanog i primljenog signala. Domet ovog načina mjerenja udaljenosti može biti preko 1 km. Prednost ostvarena mjerenjem velike udaljenosti nažalost podrazumijeva i smanjenu tačnost.
- Fazni (eng. phase) - radi na principu mjerenja razlike u fazi između poslanog i primljenog signala. Nedostatak je ograničenost dometa na stotinjak metara, ali tačnost ovog načina mjerenja udaljenosti je u granicama od nekoliko milimetara.
- Triangulacijski (eng. triangulation) - radi na principu optičke triangulacije. Laserska se zraka projicira na objekt i registrira se na senzoru koji je smješten na poznatoj udaljenosti od izvora zrake. Ovaj način mjerenja udaljenost nema veliku korisnost u geodetskoj izmjeri jer je domet ograničen na nekoliko metara, ali su zato tačnosti koje se mogu postići ovom metodom u granicama mikrometra.

Od navedenih načina mjerenja, pulsno mjerenje udaljenosti se najviše koristi u terestričkoj laserskoj izmjeri. Dobivena udaljenost se kombinuje s izmjerenim prostornim uglovima (horizontalni i vertikalni) za dobivanje trodimenzionalnih koordinata.

4. PODJELA SKENERA PREMA NAČINU PRIKUPLJANJA OBLAKA TAČAKA

Skeneri se također mogu podijeliti po načinu prikupljanja podataka, tj. oblaka tačaka. Naime, postoje dva tipa oblaka tačaka: apsolutni (georeferencirani) i relativni (lokalni) oblak tačaka. Većina skenera nije prvotno rađena za geodetske potrebe, pa direktno georeferenciranje nije ni bilo potrebno. U današnje se vrijeme pojavila potreba za direktnim georeferenciranjem podataka na terenu, pa određeni skeneri novije generacije imaju tu mogućnost (Trimble GX, Leica ScanStation). Bitna novost kod ovih skenera je što imaju ugrađene horizontalne i vertikalne kompenzatore, kao i klasični geodetski instrumenti. Ova tehnička izvedba ima određenih prednosti, ali i nedostatka u poređenju sa skenerima bez kompenzatora.

Prednost ovakvih skenera je u tome što omogućuju mjerenja na jednak način kao i klasični geodetski instrumenti - razvijanje poligonskog vlaka, iskolčenje tačaka, mjerenje samo jedne karakteristične tačke i sl. Tako prikupljeni podaci (oblak tačaka) mogu se georeferencirati već na terenu i nije potrebno uklapanje snimljenih oblaka tačaka naknadnom obradom. To ne znači

da skeneri koji nemaju direktno georeferenciranje ne mogu imati georeferencirani oblak tačaka, već samo da se taj postupak, bez većih poteškoća, radi naknado u obradi.

Budući skeneri, koji imaju ugrađen kompenzator i mjere na klasični geodetski način, moraju ispuniti zahtjev da vertikalna os bude vertikalna u prostoru. Time je, međutim, onemogućeno naginjanje i usmjeravanje skenera u različitim smjerovima. Također, upravo su zbog prisutnosti kompenzatora puno osjetljiviji na podrhtavanja u okolini.

5. PRIKUPLJANJE I OBRADA PODATAKA

Kod većine se skenera prikupljanje podataka vrši uz pomoć računarskog programa (aplikacije) isporučenog zajedno sa skenerom. Aplikacija je instalirana na prijenosnom računaru i putem mrežnog kabla ili bežične veze se spaja na skener. Svaka aplikacija za prikupljanje podataka je drugačija, ali rezultat je na kraju isti: oblak tačaka. Većina skenera prikuplja lokalne oblake tačaka koji se naknadnom obradom moraju spojiti zajedno i, ako je potrebno, georeferencirati. Spajanje oblaka tačaka se najčešće vrši pomoću spajanja identičnih tačaka unutar oblaka tačaka. Postoje i algoritmi koji mogu automatski prepoznati geometrijske oblike unutar oblaka tačaka. Međutim, zbog složenosti nisu uvijek primjenjivi, pa se ovaj način rijetko koristi u praksi. Kod skenera koji imaju mogućnost izravnog georeferenciranja nema potrebe za ovim korakom, jer oblaci tačaka dobiveni na ovaj način su već na terenu postavljeni u stvarni prostor. Sam postupak spajanja oblaka tačaka i georeferenciranja nije kompleksan i često se već poluautomatski izvodi na terenu. Mora se naglasiti da je hardver skenera drastično napredovao posljednjih godina i svake godine dolaze skeneri koji u sve kraćem vremenu prikupljaju sve više sve tačnijih podataka. Problem nastaje u obradi podataka, tj. u aplikacijama kojima se obrađuju oblaci tačaka. Često se događa slučaj da uopće nije bitno koji ste skener koristili pri prikupljanju podataka, već problem nastaje kada se ti podaci trebaju obraditi. Aplikacije za obradu podataka su još uvijek u početku razvoja, barem što se tiče geodetske struke. Ukratko rečeno, tehnički razvoj skenera puno brže napreduje nego što to mogu pratiti algoritmi za obradu. Tako, na primjer modeliranje mosta ili nekog industrijskog objekta može zahtijevati jako puno obrade, bez obzira kako su snimljeni podaci na terenu. Većinom se obrada sastoji od manualnog modeliranja objekata u prostoru iz snimljenog oblaka tačaka. Postoje algoritmi koji ubrzavaju neke procese, ali isti još uvijek nisu na zavidnoj razini.

ZAKLJUČAK

Posebnosti laserskog zračenja uzrokom su široke primjene lasera u mnogim granama ljudskog djelovanja, a jedan od tih grana jeste i geodezija. U geodeziji se koriste terestrički laserski skeneri. Terestrički laserski skener vrlo je efikasan instrument, ali svoj puni potencijal pokazuje u integraciji s drugim sistemima. Primjer je integracija terestričkog laserskog skenera i digitalne kamere. Digitalna kamera snima sliku visoke rezolucije koja kada se spojiti sa snimljenim oblakom tačaka, osim što daje geometriju objekta dobiva se i njegova tekstura.

S obzirom na raznovrsnu ponudu terestričkih skenera na tržištu, ne može se reći da postoji jedan univerzalni uređaj koji je najbolji za sve primjene. Postoje samo instrumenti koji su iz ovog ili onog razloga bolji za pojedinu primjenu.

Kupovina skenera u samo jednu svrhu je preskupa i neisplativa investicija, pa tako na tržištu postoje skeneri koji će dobro odraditi većinu poslova, ali nisu najbolji izbor za svaki od njih. U današnje vrijeme je na tržištu prisutan veći broj terestričkih skenera, pa odluka pri

kupovini nije laka, osobito uzme li se u obzir njegova nemala cijena (rang 100.000 € i više). Uvijek je potrebno uzeti u obzir zadatke koji će se izvoditi i prema tome odabrati tip skenera. Odabir skenera se nikako ne smije napraviti na osnovu toga što je proizvođač već otprije poznat kao proizvođač geodetske opreme.

LITERATURA

- [1] Jacobs, G. (2005b): Uses in Transportation, Professional Surveyor Magazine, April 2005.
- [2] Matijević, H.; Roić, M (2002): Terestrički laserski skeneri, Geodetski list, 3, 171-187.
- [3] <http://www.infotrend.hr/clanak/2009/5/3d-lasersko-skeniranje,38,785.html>
- [4] http://www.isite3d.com/pdf/bluff_study.pdf

