

TERESTRIČKI LASERSKI SKANERI

1. Laserski skaneri

Približavanjem širem krugu korisnika računala dovoljno jakih za obradu velike količine 3D podataka, te evolucijom tehnike bezreflektornog mjerenja duljina visoke točnosti, pojavili su se prije nekoliko godina prvi terestrički laserski skaneri. U ožujku 2003. godine održana je prezentacija i predavanje o jednom od najpoznatijih predstavnika ove grupe geodetskih instrumenata. To je Cyrax 2500 američke tvrtke Cyra koja je u potpunom vlasništvu

Na ovom vrlo zanimljivom događaju, profesori, studenti ali i stručnjaci iz prakse mogli su se iz prve ruke uvjeriti u široke potencijale ove moderne tehnologije brzog prikupljanja i obrade velike količine točnih podataka o prostoru.

Prezentacija laserskog skanera na Geodetskom fakultetu



1.1. Osnovni princip rada

Princip rada laserskih skanera temelji se na mjerenju polarnih koordinata odnosno horizontalnoga i vertikalnoga kuta te udaljenosti do pojedine točke prostora. Instrument šalje, prema unaprijed zadanom razmaku, slijed laserskih impulsa. Registrirajući ukupni pomak sustava u odnosu na njegov početni položaj te izmjerenu duljinu, računa prostorne koordinate svake točke. Kako bi se postigla veća točnost, mjerenje udaljenosti do svake točke moguće je obaviti u određenom broju ponavljanja.

Veoma važan dio konstrukcije laserskog skanera je rješenje usmjeravanja laserske zrake. Kako bi se moglo postići skaniranje, odnosno izmjera željenog objekta mjerenjem velikog broja točaka u 3D koordinatnom sustavu, potrebno je uz mjerenje duljine dovoljno točno poznavati i horizontalni i vertikalni kut prema njima.

Laserski skaneri ne rade kao klasični geodetski instrumenti, na principu

neposrednog mjerenja kutova prema pojedinoj točki. To nije potrebno jer su pomaci u pojedinoj ravnini (H/V) stalni i unaprijed poznati. Dakle, vrijednost kutnog pomaka u odnosu na neki ishodišni položaj dobiva se za svaku mjerenu točku zbrajanjem prethodno izvedenih, konstantnih pomaka. Ovisno o izvedbi laserska se zraka usmjerava u prostoru s pomoću okretanja oko dvije osi. Okretanje oko jedne od njih odvija se puno većom brzinom pa okretanje druge nastupa kada prva završi cijeli zadani ciklus. Dvije su glavne vrste izvedbe tih okretanja, što čini i glavne vrste izvedbe uređaja. Prva od njih temelji se na usmjeravanju zrake s pomoću dvaju zrcala koja se

mogu okretati.

Nedostatak je takvog rješenja ograničeno područje koje se može izmjeriti jednim postavom instrumenta. Druga skupina sličnih skanera temelji se na okretanju jednog zrcala dok je pomak u horizontalnom smislu izveden okretanjem dijela uređaja.

1.2 Metode određivanja koordinata

Za razliku od geodetskih instrumenata koji služe za, posredno ili neposredno, određivanje prostornih koordinata, laserski skaneri nisu opremljeni uređajima za točno pozicioniranje (centriranje, horizontiranje i orijentiranje). Iako neki proizvođači svoje uređaje (Riegl LMS-Z... serija) opremaju nekim osnovnim dodacima takve prirode (libela za horizontiranje), oni nisu dostatni za navedenu svrhu.

Kao jedno od djelomičnih rješenja problema može poslužiti integracija s GPS uređajem, kojega se senzor ugrađuje na skaner, no pretpostavka za to je točno poznavanje odnosa njihovih središta, što kod laserskih skanera često nije dostupno. Uz to takvim pristupom nisu riješeni svi stupnjevi slobode mjerenja u nekom globalnom referentnom sustavu pa ono može poslužiti samo kao dodatak ili u kombinaciji s drugim rješenjima.

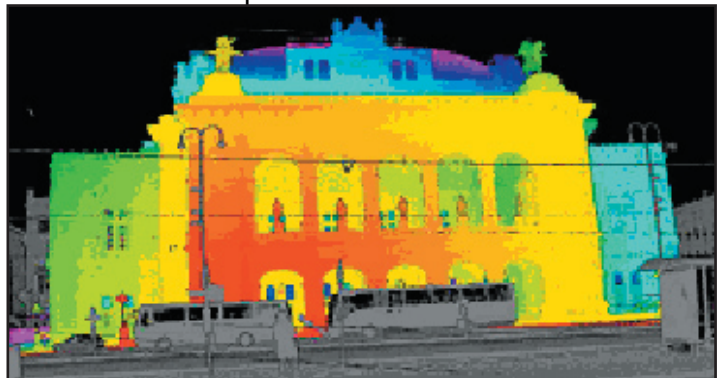
Relativno jednostavnim transformacijskim

Želimo li izračunati koordinate optičkog središta skanera primjerice za potrebe kalibracije, kao logično rješenje nameće se postupak prostornog presijecanja natrag. Moguće je, ako poznamo prostorne koordinate dovoljnog broja mjerenih točaka, navedenim postupkom dobiti sve elemente (koordinate optičkog središta uređaja i orijentaciju u traženom koordinatnom

sustavu) potrebne za neposredne određivanje koordinata svih ostalih mjerenih točaka. Za mjerenja koja zahtijevaju visoku točnost i preciznost potrebno je prije mjerenja obaviti i kalibraciju skanera. Postupak se temelji na višestruko ponovljenom mjerenju točaka s poznatim prostornim koordinatama, te na izjednačenju dobivenih rezultata, čime se daje ocjena točnosti. Kalibracija uključuje rješavanje unutarnjih parametara skanera (npr. određivanje optičkog središta) te određivanje njegove mjerne točnosti i preciznosti.



Fotografija i pseudokolorni prikaz Državne Opere u Beču



Većina terestričkih laserskih skanera koji se mogu upotrebljavati u geodetske svrhe opremljena je, uz standardne mogućnosti, i nekim dodacima. Jedan od veoma važnih je ugrađena (CCD) kamera za vizualni izbor objekta mjerenja. Takav će dodatak uvelike olakšati izbor područja mjerenja te općenito upravljanje uređajem. Podaci prikupljeni laserskim skanerima mogu se rabiti i za vizualizaciju. Veoma važna informacija o objektu koji želimo prikazati je boja svake odnosno svake mjerene točke, pa neki uređaji i nju registriraju upotrebom ugrađene CCD kamere .

Osim navedenoga većina skanera omogućuje bilježenje jačine povratnog signala. Povezivanjem podataka o položaju s onima o jačini signala moguće je dobiti pseudokolorne prikaze.

1.3. Obrada podataka skaniranja

Laserskim skaniranjem otvara se mogućnost prikupljanja velike količine 3D podataka o objektu iz prirode. Skup točaka u 3D koordinatnom sustavu naziva se oblak točaka (*point cloud*). Za neke od primjena bit će dostatno koristiti se podacima u njihovu izvornom obliku, bez ili s minimalnom naknadnom obradom. Iz izmjerenog oblaka točaka moguće je gotovo trenutačno obavljati mjerenja s pomoću računala bez fizičkog pristupa konkretnom objektu.

Za jednostavnije vizualizacije ili prezentacije dovoljno je iz prikupljenih geometrijskih podataka jednostavnim automatskim algoritmima generirati topologiju izmjerenih objekata (nepravilne plohe) čime se dobivaju njihovi vrlo vjerni modeli. Svi proizvođači laserskih skanera uz svoje uređaje isporučuju i softver s tim mogućnostima

No, želimo li podatke dovesti na višu razinu, odnosno s pomoću oblaka točaka modelirati jednostavne 3D grafičke elemente te ih time učiniti pogodnim temeljem za formiranje različitih informacijskih sustava, potrebna je opsežna naknadna obrada i kompleksniji specijalizirani softver. Algoritmi za automatsko segmentiranje (odjeljivanje) mjerenih podataka te računanje najboljeg uklapanja u 3D grafičke elemente koji su povoljni za izgradnju informacijskog sustava još uvijek nisu dostigli razinu potrebnu za potpuno preuzimanje toga dijela posla.

Ipak i trenutačna razina nekih od njih stručnjaku uvelike olakšava naknadnu obradu obavljanjem manualnog dijela posla. Princip poluautomatske obrade temelji se, uopćeno, na zadavanju praga tolerancije odjeljivanja segmenata te izboru 3D grafičkih elemenata koji će svakim od njih biti modeliran. Njegov položaj u prostoru i dimenzije određeni su geometrijom promatranog segmenta podataka. Prije eventualne nabavke svakog instrumenta takvog cjenovnog razreda potrebno je dobro odrediti potrebe za vrstom i kakvoćom podataka koji će njime biti prikupljeni.

2. Primjena

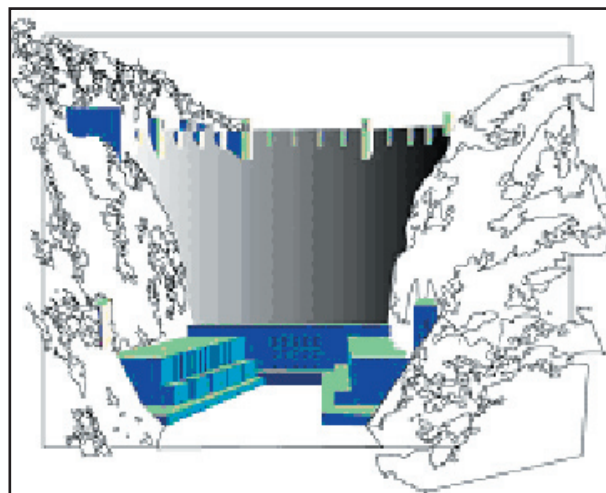
Mogućnosti primjene velike količine točnih podataka prikupljenih terestričkim laserskim

skanerima već su i sada veoma velike, a st. povećavanje procesne snage modernih raču praktički svakodnevno otvara i nove.

Mnoštvo točnih 3D prostornih podat prikupljenih u, slobodno možemo reći, jedi trenutku postojanja nekog objekta (građevine) pandan su fotografiji. Razlika između njih je dakako za cijelu jednu dimenziju u korist prvih. Njihovom naknadnom obradom moguće je izvoditi uopćene modele s obzirom na konkretne potrebe, a izvorni podaci mjerenja ostaju kao bogat i brzo dostupan izvor informacija o promatranom objektu ili cijelom sustavu.

2.1. Mjerenje deformacija

Pri strukturalnom nadgledanju lasersko skaniranje može se smatrati naprednijim od geodetskih metoda (izmjera, GPS) koje mogu pratiti deformaciju na samo ograničenom broju točaka, dok skaner može mjeriti deformacijsku plohu. Laserski su skaneri više nego pogodni za praćenje deformacija na kapitalnim građevnim objektima poput brana, mostova i sl. Automatska 3D izmjera različitih objekata bez dodira postala je jedna od važnih zadaća inženjerske geodezije.



Mjerenje deformacija na branama s pomoću laserskog skanera

2.2. Topografska izmjera

Opsežni radovi na detaljnoj topografskoj izmjeri mogu biti izvedeni laserskim skanerima. Izmjera npr. arheoloških iskopina za potrebe dokumentacije zahtijeva visoku točnost i gustoću mjerenja, a to je upravo ono što laserski skaneri pružaju.

2.3. Industrijska izmjera

Laserski skaneri našli su svoje mjesto u svakoj grani ljudske djelatnosti koja zahtijeva prikupljanje velike količine točnih 3D

objektima i prostoru. Jedna od njih i zrakoplovna industrija, gdje ih se već neko vrijeme.



Model zrakoplova dobiven laserskim skanerom

2.4. Izmjera objekata kulturnog

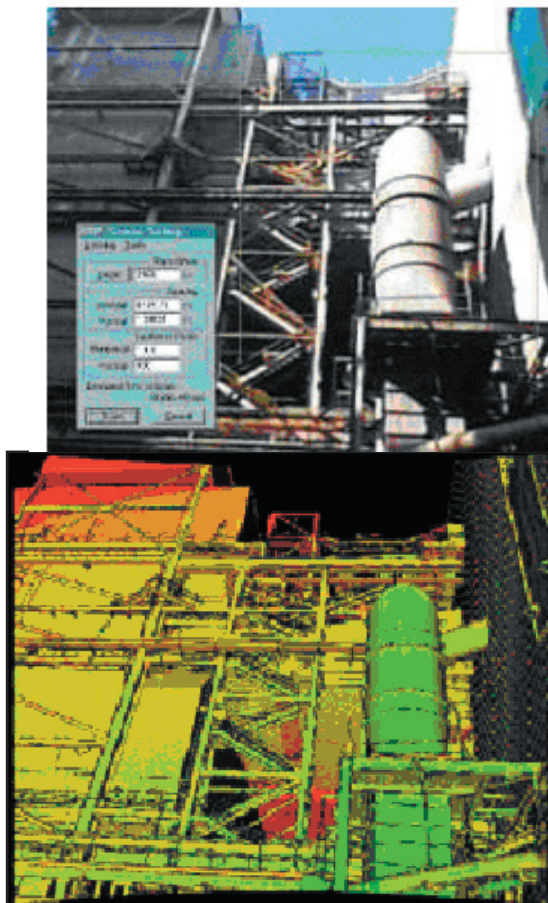
Prilikom izmjere pročelja i ostalih dijelova zgrada kulturnog naslijeđa, lasersko skaniranje daje samostalno ili u kombinaciji s metodama terestričke fotogrametrije veoma dobar odnos uloženoga i dobivenoga. Vrlo detaljan i brzo dostupan digitalni visinski model pročelja uvelike će olakšati proces dobivanja odgovarajućeg 3D digitalnog ortofota.

2.5. 3D pogonski katastri

Na kraju, ali nikako najmanje važno, svakako treba spomenuti i “kao izgrađeno” modele. Izrada modela iz mjerenih podataka (x, y, z) rezultira mogućnošću vjernog prikaza objekta te se taj postupak naziva *as built* ili “kao izgrađeno”.

“Kao izgrađeno” je pojam koji se u posljednje vrijeme vrlo često spominje u različitim područjima. Svaki put kada se želi naglasiti

Fotografija i rezultat mjerenja Monroe elektrane



model nekog objekta iz prirode prikazuje izgrađeni oblik, a ne neki projektirani ili teoretski, upotrebljava se upravo taj pojam.

Neovisno o tome treba li nam “kao izgrađeno” model za potrebe pogonskoga katastra, projekta remonta pogona ili nešto treće, najlakše ćemo ga pribaviti laserskim skaniranjem, uz iznimno povoljan omjer uloženoga i dobivenoga. Za industrijske primjene, vrijeme potrebno za izmjeru vrlo je važan činitelj jer treba izbjegavati duža razdoblja zaustavljanja pogona. Prilikom izmjere rafinerija ili sličnih pogona s mnoštvom vodoravno i uspravno razvedenih geometrijskih oblika (cijevi, kotlovi i dr.) lasersko je skaniranje posebno isplativo.

3. Zaključak

Laserski skaneri te velika količina brzo dostupnih i točnih podataka o prostoru i objektima u njemu kao proizvod njihova rada otvaraju nove mogućnosti izmjere. Geodetskom stručnjaku oni mogu olakšati postojeće zadatke, ali i otvoriti nova područja.

Prikupljanje velike količine podataka o prostoru moguće je već duže vrijeme obaviti različitim fotogrametrijskim i drugim geodetskim metodama. No, do pojave laserskih skanera ti su postupci ipak zahtijevali za nekoliko redova veličine dugotrajniji postupak od izmjere preko obrade podataka do informacije kao krajnjeg rezultata. Iako su trenutačno za naše uvjete još preskupi, s proširivanjem ponude na tržištu kroz uključivanje sve većeg broja tvrtki koje ih proizvode zasigurno će im se smanjiti i cijena. To će ih pak učiniti veoma zanimljivima i širem krugu korisnika.

Pogonski katastri vrlo su važan dio gospodarski isplativog sustava za upravljanje industrijskim i drugim postrojenjima. Činjenica da se njihova kvaliteta ogleda kroz ažurnost, točnost i dostupnost podataka nije dvojben. Priroda industrijskih i drugih pogona u pogledu njihova oblika, složenosti i nepristupačnosti rezultira potrebom za što učinkovitijim sustavom za prikupljanje podataka o njima. Geodeti već dugo primjenjuju klasične metode izmjere prilikom mjerenja za potrebe pogonskih katastarsa, a laserski im skaneri pri tome nude novu dimenziju učinkovitosti.

*Napisali: prof.dr. sc. Miodrag Roić dipl.ing.
asistent Hrvoje Matijević dipl.ing*