

Vedran Stojnović, univ. bacc. ing. geod. et geoinf. ▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: vstojnovic@geof.hr  
 Karlo Čosić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf. ▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: kcosic@geof.hr  
 Damir Tivanovac, geodetski tehničar ▶ preddiplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: dtivanovac@geof.hr



# Mogućnosti robotizirane mjerne stanice Topcon Imaging Station za potrebe terestričkog laserskog skeniranja

SUDIONICI  
RADIONICE

Karlo Čosić  
 Marija Kušec  
 Martina Levak  
 Andreja Mustać  
 Vedran Stojnović  
 Damir Tivanovac

**SAŽETAK:** U radu se opisuju mogućnosti robotizirane mjerne stanice Topcon Imaging Station IS-3 za potrebe terestričkoga laserskog skeniranja. Obavljeno je skeniranje spomenika Draženu Petroviću u blizini Ciboninog tornja u Zagrebu. Opisan je cjelokupan postupak terenskog rada, od pripreme do skeniranja. Nakon obrade podataka izrađen je 3D model spomenika. U radu su opisani sljedeći programi za izradu 3D modela: Topcon ImageMaster, MeshLab i Geomagic Wrap 2012. Dana je analiza dobivenih rezultata s osvrtom na prednosti i nedostatke primjene geodetske mjerne stanice za potrebe terestričkoga skeniranja. Krajnji je rezultat 3D model spomenika koji je obrađen i predstavljen pomoću softvera Google SketchUp te prezentiran unutar aplikacije Google Earth.

**KLJUČNE RIJEČI:** Topcon Imaging Station, 3D skeniranje, 3D model, Topcon ImageMaster, MeshLab, Geomagic Wrap 2012

## Possibilities of Topcon's imaging total station in use as a terrestrial laser scanner

**SUMMARY:** In this article we have described the possibilities of the robotic total station Topcon Imaging Station IS-3 for the use in terrestrial laser scanning. Scanning the statue of Dražen Petrović was performed nearby the Cibona tower in Zagreb. Description of the whole fieldwork procedure from preparing data to scanning is included. After processing the data, a 3D model of the statue was made. Programs that were used to make the 3D model are: Topcon ImageMaster, MeshLab and Geomagic Wrap 2012. The analysis of the data after scanning is given too, with reference on the advantage and lack of using total stations for the need in terrestrial scanning. The final result is a 3D model of the statue which is processed and presented by the software Google SketchUp and the Google Earth application.

**KEYWORDS:** Topcon Imaging Station, 3D scanning, 3D model, Topcon ImageMaster, MeshLab, Geomagic Wrap 2012

### 1. UVOD

Ono što se nekada činilo nemoguće ili je bilo potrebno puno vremena kako bi se obavili razni geodetski zadaci, danas je moguće obaviti u relativno kratkom vremenu. Današnja je tehnologija dosta napredovala, a tvrtka Topcon već se dokazala i opravdala važan status u geodetskoj struci što se tiče proizvodnje preciznih geodetskih senzora. U Topcon Imaging Station robotiziranoj mjernoj stanici spojene su tehnike izmjere visoke točnosti i napredna fotografija te mogućnost upravljanja stanice od strane samo jednog čovjeka, tzv. »one-man« sustav. Upravo je integracija fotografije uz numerički i grafički podatak jedna od najvažnijih prednosti što nam omogućuje detaljniji, jasniji i točniji prikaz prostora. Također, korištenjem softvera Topcon ImageMaster omogućen je 3D prikaz, tj. prikaz »fotografije s dimenzijama«, što je revolucionarna i ekonomičnija alternativa terestričkom skeniranju. Ovaj instrument nudi i mogućnost terestričkog skeniranja

i to s gotovo jednakom pouzdanošću, duljim dometom te jednostavnijom obradom od klasičnih terestričkih skenera. Odlučili smo skenirati spomenik Draženu Petroviću koji je smješten ispred Ciboninog tornja u Zagrebu. Glavni cilj bio je ispitati iskoristivost ovog instrumenta kao zamjene za terestrički skener pri prikupljanju podataka i izrade digitalnog modela objekta za arhiviranje, a koji bi se mogao iskoristiti u slučaju uništenja ili za potrebe obnove oštećenog objekta – spomenika kulturne baštine.

### 2. TOPCON IMAGING STATION IS-3

Topcon Imaging Station (IS) kombinira naprednu fotografiju i visoko precizna mjerenja, ujediniujući fotografiju prikupljenu na terenu u realnom vremenu s prostornim podacima. Funkcionalnost mjerne stanice kontrolirana je korištenjem Topconovog programa

Tablica 2.1. Tehničke specifikacije instrumenta Topcon Imaging Station (URL-1)

MJERENJE KUTOVA	
Metoda	Apsolutno očitavanje
Minimalno očitavanje	0,2/1 mgon
	1"/5"
Točnost	1 mgon/3"
Korekcija nagiba	dvoosni kompenzator
Područje kompenzacije	±6'
MJERENJE DULJINA	
Mod s prizmom	
Doseg 1/3/9 prizama	3000 m/4000 m/5000 m
Točnost	±(2 mm + 2 ppm x D) m.s.e.
Mod bez prizme	
Kratki doseg	1,5 m - 250 m
Točnost	±5 mm m.s.e.
Dugi doseg	5 m - 2000 m
Točnost	±(10 mm + 10 ppm x D) m.s.e.
Brzo skeniranje/Točnost	više od 20 Hz/±5 mm m.s.e.
EDM klasa lasera	klasa 1 (IEC publikacija 825)
AUTOMATSKO TRAŽENJE	
Brzina praćenja	15°/sec
Doseg praćenja	1000 m (sa standardnom prizmom)
Brzina rotacije	85°/sec
FOTOGRAFIRANJE	
Kamere	2x1,3 MP CCD, širokokutna s prividnom rez. ekvivalencije do 4.8 Mp
Brzina fotografiranja	do 15 fps
KORISNIČKO SUČELJE	
OS	Microsoft Windows CE.NET 4.2
Procesor	Intel PXA255 400 MHz
Zaslon	3.5" zaslon u boji, osjetljiv na dodir
Sučelje	RS-232C / Compact Flash / USB (Tip A, Tip B mini)
Memorija	128 MB RAM, 2 MB Flash ROM, 1 GB micro SD kartica



Slika 2.1. Instrument Topcon Imaging Station IS-3 (URL-2)

*ImageMaster* kojim dobivamo takozvane »fotografije s dimenzijom« koje su revolucionarne i ekonomski isplativije od terestričkog laserskog skeniranja.

Osim laserskog skeniranja objekata na površini zemlje, *Topcon IS* ima mogućnost prikazivanja skrivenih objekata na zaslonu instrumenta u tijeku mjerenja, npr. već postavljenih podzemnih vodova koji su poznati po koordinatama, a koji su zatrpani pod zemljom. Upravo ta metoda omogućena je kamerama koje su ugrađene u instrument te je samim time i isključivanje vodova na površini zemlje znatno jednostavnije nego kod klasičnih ge-

odetskih instrumenata, a može se aktivno koristiti za sprječavanje eventualnog oštećenja prilikom građevinskih radova koji uključuju kopanje na rizičnom području. Unutar instrumenta nalaze se dvije sofisticirane kamere: jedna digitalna širokokutna i jedna digitalna koaksijalna kamera. Kamere imaju dvojaku funkciju. Prva je funkcija povećanje točnosti viziranja putem zaslona na instrumentu uz 30x optički i 8x digitalni zoom. Druga je funkcija fotografiranje i skeniranje objekata. U samom mjerenju i skeniranju pomaže nam »iDrive« funkcija koja omogućuje odabir točaka za skeniranje na zaslonu instrumenta, dok se skeniranje može obaviti automatski pomoću



Slika 3.1. Instrument u postupku skeniranja na trećem stajalištu

funkcije »iScan« koja služi za samostalno detektiranje, praćenje i mjerenje (URL-3).

### 3. TERENSKI RADOVI

#### 3.1. PRIPREMNI RADOVI

Svakom geodetskom poslu prethodi obavezna i kvalitetna priprema kako bismo mogli znatno lakše i sa što manje poteškoća provesti kasniju obradu. Odlučili smo skenirati spomenik Draženu Petroviću ispred Ciboninog tornja u Zagrebu. Prikupili smo podatke o svim trajno stabiliziranim GPS točkama u blizini spomenika. Rekognosciranjem terena utvrđeno je da su za skeniranje dovoljne dvije GPS točke, 3372 i 3373. Za potrebe skeniranja koordinate GPS točaka 3372 i 3373 transformirane su u HTRS96/TM, novi položajni datum RH. S navedenih točaka uspostavljeno je pet stajališta, metodom slijepog poligonskog vlaka. Točke koje smo koristili za skeniranje spomenika postavljene su dijagonalno u odnosu na postolje spomenika zbog najpovoljnije preglednosti. Samo skeniranje spomenika obavljeno je s četiri stajališta.

#### 3.2. SKENIRANJE

Nakon uspostave geodetske osnove i snimljenog detalja, krenuli smo sa skeniranjem spomenika Draženu Petroviću instrumentom *Topcon IS-3*. Instrument radi na klasičnom geodetskom principu, tj. na svakom stajalištu geodetska mjerna stanica orijentirana je na jednu od poznatih točaka, što nije uobičajeno za terestričke skenere (Miller i dr., 2007). Zatim je odabran mod skeniranja, prilikom čega je potrebno najprije zadati područje skeniranja. Područje skeniranja može se zadati na dva različita načina: prva je opcija odabrati pravokutnik unutar kojeg će se izvoditi skeniranje (zadavanjem gornje lijeve i donje desne točke), a druga je opcija zadavanje poligona unutar kojeg će se obaviti skeniranje. Za naš slučaj odabrali smo, zbog specifičnog oblika objekta koji smo skenirali, poligon oko spomenika, a on se definira viziranjem rubnog područja skeniranja te definiranjem točnog položaja lomnih točaka poligona na zaslonu instrumenta, nakon čega instrument automatski fotografira šire područje skeniranja. Osim područja skeniranja, potrebno je odabrati i jednu od dvije moguće metode skeniranja. Skenirati se može pravilna mreža točaka na određenom razmaku – »grid scan«, dok je druga metoda skeniranje karakterističnih točaka – »feature scan«, pri čemu instrument sam odabire točke koje bi trebalo snimiti. Za drugu metodu poželjno je da nema sjena na području skeniranja. Zadavanjem pravilne mreže točaka, uz odabranu gustoću od 2 cm (u horizontalnom i vertikalnom smislu), bilo je potrebno izmjeriti referentnu udaljenost u odnosu na koju je definirana gustoća snimanja. Nakon zadavanja svih parametara robotizirana mjerna stanica potpuno samostalno izvodi snimanje (slika 3.1), pri čemu odmah prikazuje snimljene točke na zaslonu instrumenta. Za svako stajalište skeniranje je trajalo nešto kraće od sat vremena.

## 4. OBRADA PODATAKA

### 4.1. IMAGEMASTER

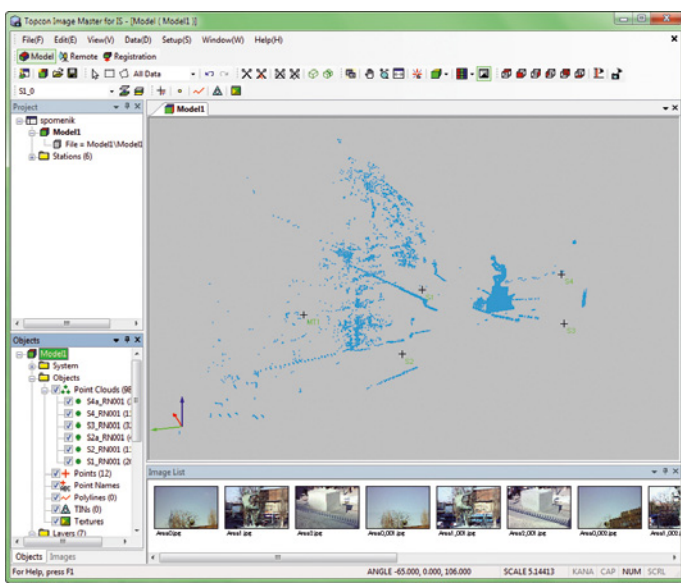
Softver *Topcon ImageMaster* iskoristi punu snagu fotogrametrijskog softvera *Topcon PI-3000* koji omogućuje generiranje 3D modela iz stereosnimaka prikupljenih standardnim digitalnim fotoaparatom. Korisnici opremljeni serijom *Topcon IS* robotiziranih mjernih stanica mogu obavljati daljinske operacije pomoću *ImageMastera*. IS mjerna stanica može se u potpunosti kontrolirati računalom putem WiFi veze, bez da je osoba prisutna za instrumentom. Softver također podržava obradu podataka prikupljenih na terenu (URL-4, URL-5). Jednostavan način rada omogućuje generiranje točnih vektorskih modela, automatiziranih 3D modela površina (DSM), orto snimaka i XYZ oblaka točaka.

*Topcon ImageMaster* može se upotrijebiti u sljedećim granama:

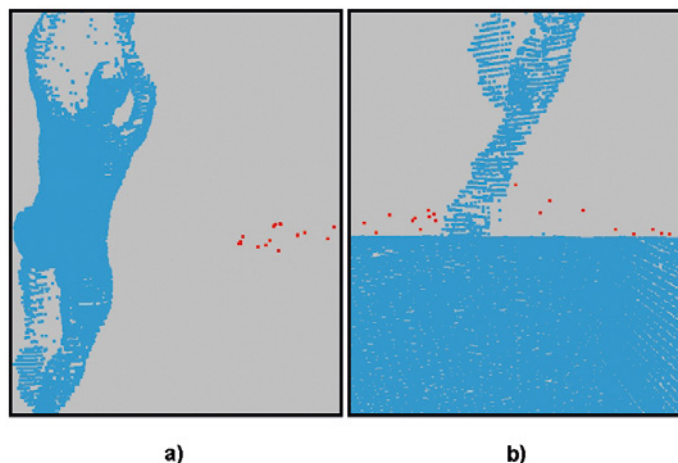
- ispitivanju nesreća
- arheologiji
- arhitekturi
- forenzici, skeniranju mjesta zločina
- geologiji i geotehnici
- topografskoj izmjeri i izmjeri zemljišta
- eksploataciji
- vulkanologiji.

*ImageMaster* nudi sljedeće mogućnosti:

- rad sa stereo snimkama prikupljenim standardnim digitalnim fotoaparatom



Slika 4.1. Prikaz svih prikupljenih podataka



Slika 4.2. Prikaz točaka koje se nalaze iza spomenika i točaka nastalih uslijed pogreške instrumenta

- određivanje koordinata točaka, mjerenje polilinja i površina
- izrada TIN-a, slojnica i presjeka
- izračun udaljenosti, površine i volumena
- izrada orto slike
- eksportiranje u RGB podatke oblaka točaka (analogno-laserskim skenerima), VRML, dxf, TIN i ASCII
- import podataka i integraciju s LIDAR modelom ili modelom podataka oblaka točaka skenera, CAD osnovnih karata, ortofoto snimaka i GPS podataka/podataka mjerne stanice
- plotanje crteža
- prikaz i uređivanje 3D modela
- neposredno povezivanje s IS robotiziranom mjernom stanicom putem bežičnog prijenosa podataka (samo za Pro verziju).

*ImageMaster* je dostupan u 3 verzije: *ImageMaster Pro*, *ImageMaster STD* i *ImageMaster for IS (Imaging Station)*. U tablici 4.1 prikazano je što omogućuje svaka verzija softvera.

Nakon uspješno završenog terenskog dijela snimanja spomenika te prebacivanja podataka u računalno, pristupili smo obradi prikupljenih podataka. Uz instrument dolazi softver *Topcon ImageMaster for IS* za obradu podataka prikupljenih skeniranjem, a nama je na raspolaganju bila puna verzija softvera *Topcon ImageMaster Pro* za potrebe projekta. Prilikom skeniranja objekta upisali smo koordinate stajališta i orijentacije u instrument i uzeli orijentaciju, stoga su tijekom skeniranja objekta svi prostorni podaci smješteni po koordinatama u geodetski referentni okvir. Softver koristi geodetsko orijentirani koordinatni sustav XYZ=NEH.

Prije bilo kakve obrade podataka bilo je nužno očistiti oblak točaka od neželjenih točaka, koje su snimljene slučajno (većinom točke koje se nalaze iza spomenika, a ušle su u područje snimanja i prikazane su na slici 4.2a) ili koje su pale na krivo mjesto uslijed pogrešaka koje su se dogodile prilikom samog snimanja (slika 4.2b).

Čišćenje točaka vrlo je jednostavan postupak te se odvijalo prilično lako zahvaljujući kvalitetnom softveru koji s lakoćom barata s ovakom velikom količinom podataka. Postupak se svodi na rotiranje oblaka točaka i selektiranje neželjenih točaka koje se nalaze u oblaku, nakon čega ih brišemo naredbom *Edit/Delete*. Nakon čišćenja crteža od svih neželjenih podataka, mogli smo pristupiti samoj izradi 3D modela i to definiranjem TIN mreže. Program *ImageMaster* ima ugrađenu funkciju za kreiranje TIN mreže iz selektiranih podataka, koja nažalost nije namijenjena izradi TIN mreže za objekte kod kojih se točke protežu s velikim udaljenostima između točaka duž sve tri osi, tj. funkcija je isprogramirana kako bi se jednostavno izradili 3D modeli reljefa ili npr. modeli fasada objekata. Za izradu TIN-a potrebno je selektirati točke koje se žele povezati u mrežu trokuta te pokrenuti naredbu *Data/TIN/Create* pri čemu je potrebno definirati (URL-6):

- sloj u kojem će se TIN nalaziti
- referentnu ravninu TIN mreže (XY ravnina ili ravnina pogleda)
- graničnu vrijednost za kut u trokutima na graničnim područjima (kako bi se spriječilo stvaranje oštrokutnih trokuta na rubovima)
- izbacivanje podataka (koristi se u slučaju jako velikog broja podataka).

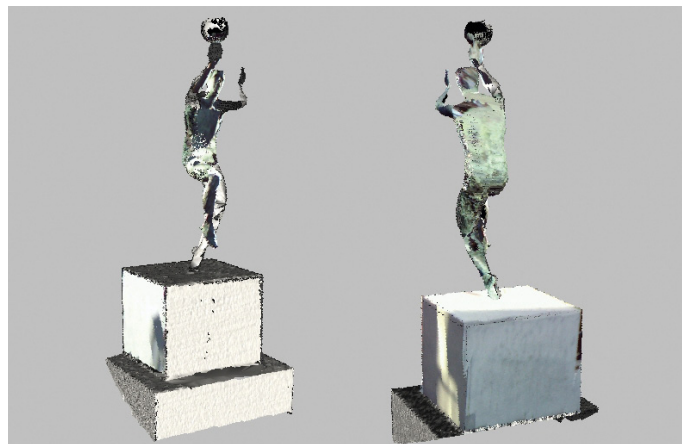
Nakon definiranja svih parametara, pritiskom na tipku *OK* pokreće se funkcija te već nakon nekoliko trenutaka možemo vidjeti konačan rezultat. Ako se radi o manje kompleksnom objektu te ako smo zadovoljni dobivenim rezultatom, može se prići obradi 3D modela dodavanjem tekstura, eventualnom prilagođavanju TIN mreže (brisanje, promjena veličine, premještanja određenih trokuta i dr.). Kod složenijih objekata, kao što je naš spomenik, kreiranje TIN mreže svodi se na izrađivanje više manjih TIN mreža. Za izradu svakog pojedinog TIN-a potrebno je najprije izdvojiti podatke kojima ćemo definirati mrežu, a to se izvodi pomoću naredbe *Edit/Clipping/Clip Polygonal Area*

kojom samo izdvajamo referentne podatke od svih ostalih, prilikom čega nismo obrisali nijedan podatak iz oblaka točaka. Zatim pokrenemo naredbu *Data/TIN/Create* te podesimo parametre, nakon čega dobivamo TIN samo određenog područja. Postupak ponavljamo sve dok mrežom ne obuhvatimo cijeli objekt i na kraju možemo sve TIN-ove spojiti u jedan sloj. Uslijed premalog broja prikupljenih točaka za spomenik te kako su neka područja ostala nepokrivena točkama, nismo uspjeli izraditi TIN mrežu na području cijeloga spomenika. Primjerice, gornja ploha lopte i unutarnja strana podlaktice područja su koja instrument nije mogao skenirati. Na kraju nam je preostalo dodati teksturu s fotografija naredbom *Data/Texture/Texture Mapping* na TIN mrežu, pri čemu smo koristili fotografije koje smo prikupili na terenu instrumentom tijekom snimanja. Taj je postupak vrlo jednostavan jer u softveru postoji ugrađeno rješenje koje iz fotografija prikupljenih instrumentom, a koje su ujedno georeferencirane i pravovaljano orijentirane u prostoru, softver sam prepoznaje koji dio slike treba pridružiti na TIN mrežu čime je uvelike olakšan postupak (URL-7). Konačni rezultat prikazan je na slici 4.3.

Tablica 4.1. Mogućnosti softvera Topcon ImageMaster za sve tri verzije (URL-5)

Funkcije	Mogućnosti	for IS	Pro	STD
IS kontrola putem daljinskog pristupa	Skeniranje pravilne mreže točaka, izmjera točaka i prikupljanje snimaka	x	x	x
	CSV (npr. skenirane točke, GPS kontrola, točke mjerne stanice itd.)	x	x	x
	DXF, TIN (npr. osnovne karte područja)	-	x	x
Ulazni podaci	IS podaci skeniranja	x	x	x
	Podaci oblaka točaka laserskog skenera	-	x	-
	Stereo slike (jpeg) prikupljene standardnim digitalnim fotoaparatom	-	x	x
	Podaci orijentacije mjerne stanice GPT-7000i	-	x	-
Izlazni podaci	DXF, CSV, OBJ	x	x	x
	VRML, TIN	x	x	x
	Orto slike	-	x	x
	Podaci oblaka točaka (s obojenim RGB vrijednostima)	-	x	-
stereo snimanje/ fotogrametrija	Kreiranje kontrolnih točaka	-	x	-
	Obrada fotogrametrijskih mjerenja	-	x	-
	3D mjerenja iz stereo snimaka	-	x	-
3D pogled	Rotacija, zoom in/out, fokus, boja i sjenčanje teksture slike na 3D površini	x	x	x
	Izrada i izmjena točaka i polilinja	x	x	x
	Automatsko stvaranje TIN-a (digitalni model površine na prethodno definiranoj mreži)	x*	x	x
	Mijenanje i spajanje TIN-a/ DSM-a	x*	x	x
	Izrada slojnica i presjeka	-	x	x
Alati	Kartiranje teksture pomoću digitalnih fotografija	-	x	x
	Izrada orto snimaka	-	x	x
	Mjerenje udaljenosti između dvije točke	x	x	x
	Izračuni površina	-	x	x
Postavke projekta	Izračuni volumena i diferenciranje	-	x	x
	Automatizirana kalibracija kamere za prikupljanje stereo snimaka	-	x	-
	Transformacija i translacija koordinata	x	x	x

\* samo na podacima prikupljenim IS mjernom stanicom

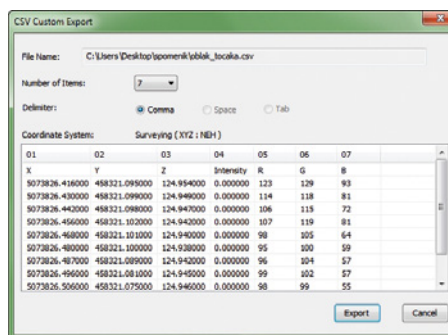


Slika 4.3. Gotova TIN mreža s dodanim teksturama izrađena u softveru ImageMaster

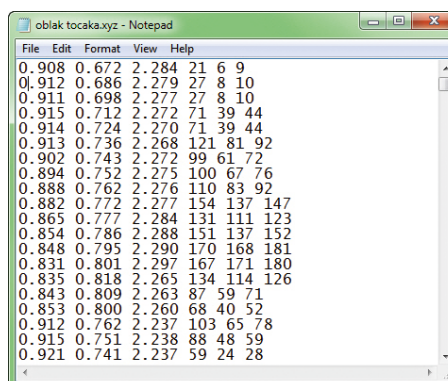
#### 4.2. EKSPORT PODATAKA

Zbog dobivenog rezultata kojim nismo bili zadovoljni, prije svega jer softver nije namijenjen za kreiranje »kupolastih« objekata, potražili smo alternativni softver za obradu skeniranih podataka. Kako bismo mogli koristiti drugi softver, najprije smo morali eksportirati pročišćeni set podataka u standardiziranom formatu koji je kompatibilan s drugim softverima. *ImageMaster* nudi eksport izvornih podataka (oblaka točaka) u sljedećim formatima: \*.ptx, \*.pts, \*.dxf, \*.csv, \*.txt. Odabere se iz izbornika *File/Export/Point Cloud File...* nakon čega se otvara okvir za dijalog s ponuđenim opcijama koje sve podatke želimo da izlazna datoteka sadrži. Za \*.csv format, koji smo koristili, moguće je odabrati maksimalno sedam atributa za svaku točku: X, Y, Z koordinate, intenzitet povratnog signala te komponente boja R, G i B (slika 4.4).

Kako bi svaka točka sadržavala ispravne komponente boje, ranije smo na oblak točaka primijenili funkciju *Data/Texture/Texture Mapping* i time je svaka točka u oblaku obojena. Takve izlazne podatke nismo mogli direktno unijeti u alternativni softver i to zbog sljedećeg problema: softveri koje smo koristili (*MeshLab* i *Geomagic Wrap 2012*) nisu prilagođeni za unos točaka s koordinatama koje su prilagođene našem državnom koordinatnom sustavu (preveliki broj znamenaka). Stoga smo reducirali koordinate u odnosu na ishodište, koje smo odabrali kao jednu od točaka na srednjoj visini spomenika.



Slika 4.4. Mogućnosti odabira podataka pri izvozu oblaka točaka



Slika 4.5. Izgled XYZ datoteke

Reducirane koordinate smo, zajedno s RGB komponentama za svaku točku, spremili u novu tekstualnu ASCII datoteku (Basa i Juraj, 2011) s ekstenzijom \*.xyz (slika 4.5) koju podržavaju oba softvera.

#### 4.3. MESH LAB

Prvi alternativni softver koji smo koristili je *MeshLab*. *MeshLab* je proširivi slobodan softver za obradu mreža 3D objekata (URL-8). *MeshLab* ima ugrađene funkcije za čišćenje, filtriranje, prilagođavanje i izvođenje nestrukturiranih 3D trokutastih mreža, nalazi primjenu u obrađivanju točaka/mreža koje uobičajeno nastaju 3D skeniranjem, a bazira se na VCG (Visual and Computer Graphics) biblioteci (URL-9). Nakon inicijalnog učitavanja \*.xyz datoteke, unutar *MeshLaba* dobili smo oblak snimljenih točaka na koji smo primijenili filter za izradu 3D TIN mreže *Filters/Remeshing, simplification and reconstruction/Surface Reconstruction: Ball Pivoting*. Taj filter koristi tzv. *Ball Pivoting* algoritam, tj. »algoritam zakretane kugle«, a radi na sljedeći način: krenuvši od početnog trokuta algoritam zakreće kuglu oko ruba (tj. zakreće oko ruba ujedno zadržavajući vezu s krajnjim točkama ruba), dok ne dodirne drugu točku, čime formira novi trokut. Taj proces se ponavlja sve dok svi dokučivi rubovi nisu provedeni kroz algoritam. Prilikom pokretanja filtera, softver nudi mogućnost zadavanja sljedećih parametara: radijusa zakretane kugle (rupe između točaka koje su veće od radijusa kugle neće biti zatvorene u trokute), grupirajućeg radijusa (izražava se u postotku radijusa kugle, a služi za izbjegavanje stvaranja premaleh trokuta) te najveće maksimalne vrijednosti kuta (za sprječavanje prevelikih kutova u trokutu). Nakon provedenog računanja po navedenom algoritmu, stvorena je TIN mreža (odabrani su automatski parametri) koja zbog nedovoljnog broja prikupljenih podataka za ovakav objekt (očišćeni spomenik bez točaka koje su višak sastoji se od 86251 točke) sadrži ukupno preko 1600 rupa.

Na prvotno dobiveni rezultat može se primijeniti funkcija *Fill hole* za pojedinačno selektiranje i zatvaranje rupa ili filter *Filters/Remeshing, simplification and reconstruction/Close holes* koji automatski zatvara rupe. Na dobivenom modelu može se obavljati daljnja obrada (mijenjanje mreže, pojednostavljivanje, mjerenje, bojanje i dr.) ili se model može eksportirati za kasniju obradu u nekom drugom softveru.

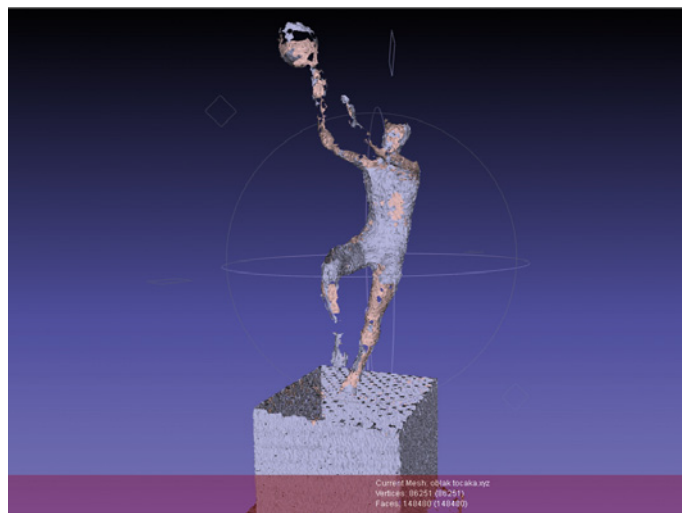
#### 4.4. GEOMAGIC WRAP 2012

Drugi alternativni softver koji smo koristili bio je komercijalni softver *Geomagic Wrap 2012*. Za potrebe radionice dobili smo na korištenje (ispunjenjem online obrasca) probnu (vremenski ograničenu) punu verziju softvera. *Geomagic Wrap 2012* je softver primarno namijenjen za prikupljanje, obradu, prilagođavanje, mijenjanje oblaka točaka, kao i izradu TIN modela mreža prikupljenih skenerima te kao krajnji rezultat nudi eksport visokokvalitetnih 3D podataka u svim glavnim neutralnim poligonalnim formatima. Podaci dobiveni u softveru mogu se odmah koristiti za 3D modeliranje objekata pomoću 3D pisača, a koristi se još i za izradu prototipa, fizičko modeliranje itd. (URL-10). Posebnost ovog softvera u odnosu na prva dva jest što omogućuje progušćivanje prikupljenih točaka i stvaranje novih točaka između postojećih interpolacijom, na temelju selektiranog dijela podataka. Bitno je napomenuti kako se te interpolirane točke ne nalaze u ravnini, već softver sam pretpostavlja oblik plohe te su interpolirane točke upravo dio najbližnje plohe, čime dobijemo vrlo kvalitetnu aproksimaciju podataka koji nedostaju. Upravo nam je to omogućilo stvaranje 3D modela primjerene kvalitete bez glavnih nedostataka koji su nastali uslijed nedovoljne količine prikupljenih podataka.

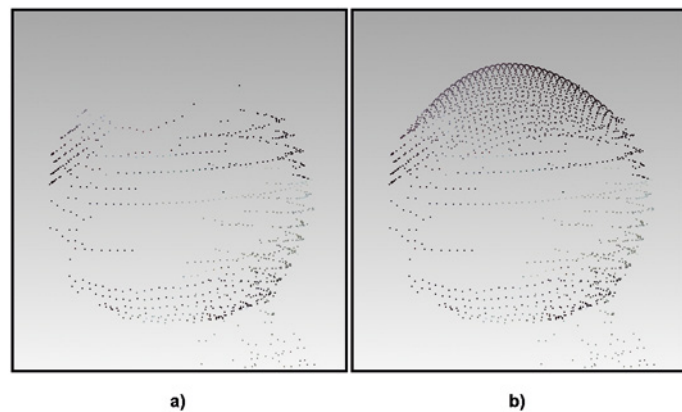
Funkciju za progušćivanje *Points/Repair/Fill Holes* koristili smo npr. na gornjoj plohi postolja spomenika gdje je rjeđa količina prikupljenih podataka u odnosu na ostale plohe, kao i na gornjoj plohi lopte (slika 4.7) i na podlaktici lijeve ruke. Nakon progušće-

nja točaka iskoristili smo funkciju *Points/Wrap* koja služi za konverziju oblaka točaka u poligonski objekt, tj. TIN mrežu. Ovako kreirana gotova mreža sadržavala je također manji broj rupa na objektu te smo za zatvaranje istih primijenili funkciju *Polygons/Fill Holes/Fill All* koja nam nudi opciju zatvaranja rupa: ravninom, tangentom (uklapa zaobljenost na okolnu mrežu, ali s većom oštrinom nego kod zakrivljene plohe) te zakrivljenom plohom. Slično kao i kod programa *MeshLab*, *Geomagic Wrap 2012* nudi razne mogućnosti manipulacije mrežom, kao npr. funkcije unutar izbornika *Polygons*:

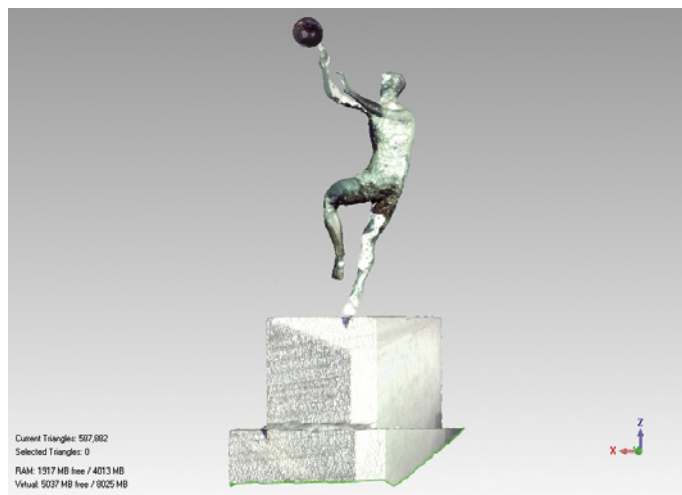
- *Mesh Doctor* - automatski ispravlja nesavršenosti u poligonalnoj mreži kao što su presjecišta trokuta, jako naborani rubovi, uklanjanje šiljaka i dr.
- *Decimate* - smanjenje broja trokuta minimalnim mijenjanjem



Slika 4.6. TIN mreža spomenika kreirana Ball Pivoting algoritmom u MeshLabu



Slika 4.7. Prikaz skenirane lopte prije i nakon interpoliranih podataka na gornjem dijelu



Slika 4.8. Gotov 3D objekt spomenika izraden softverom Geomagic Wrap 2012

oblika mreže

- *Trim* - odstranjivanje dijela modela ravninom
- *Remesh* - ponovno kreiranje TIN mreže pri čemu se stvara ujednačeniji »mozaik«
- *Relax* - zaglađivanje modela minimaliziranjem kutova između pojedinih poligona i dr.

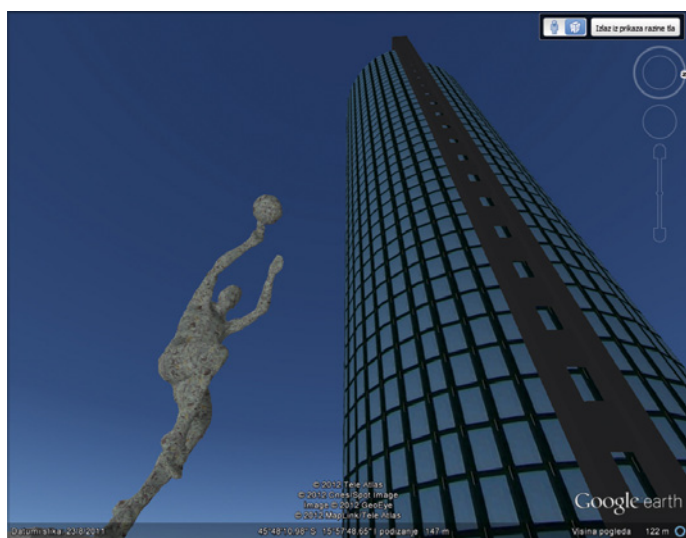
Primjenom tih funkcija dobili smo konačni oblik 3D modela skeniranog spomenika koji nas je zadovoljio (slika 4.8).

#### 4.5. GOOGLE SKETCHUP/GOOGLE EARTH

Konačan rezultat 3D modela spomenika Draženu Petroviću eksportirali smo u \*.3ds format kako bismo ga mogli učitati u softver *Google SketchUp 8*, gdje smo isti georeferencirali, zaoblili funkcijom *Window/Soften Edges* te dodijelili odgovarajuće teksture kako bi spomenik dobio realan izgled. Kako 3D model ne bi bio prekompleksan (za učitavanje u program *Google Earth*), prije samog eksportiranja, reducirali smo broj trokuta na 10000. Na kraju smo model postavili na internet na *Google Warehouse* servis i odobrili njegovo korištenje unutar *Google Earth* aplikacije (URL-11, URL-12).

#### 5. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA

Za pravilnu interpretaciju rezultata važno je uzeti u obzir sljedeće ograničavajuće čimbenike. Instrument smo imali na raspolaganju samo jedan dan, a skeniranje mjernom stanicom traje znatno duže nego što je to slučaj s klasičnim terestričkim skenerom, zbog čega smo odredili gustoću snimanih točaka 2x2 cm. Druga stvar koja je bitno utjecala na konačni rezultat jest raspored i broj stajališta za čije je određivanje prije svega potrebno i nezamjenjivo iskustvo u radu pri snimanju ovakvih specifičnih objekata. Također, bitno je uzeti u obzir i utjecaj vremenskih prilika i položaj instrumenta u odnosu na Sunčeve zrake, kao i materijala od kojih je predmet snimanja izrađen. Upravo je zbog tih faktora došlo do spomenutih problema pri kreiranju TIN mreže i njezinog nepokrivanja cijelog objekta. Ako se žele arhivirati podaci za očuvanje kulturnih znamenitosti, što nam je i bila prvobitna zamisao, bilo bi potrebno odvojiti znatno više vremena na samo skeniranje kako bi se dobio adekvatan broj točaka u oblaku iz kojih bi se onda mogao napraviti kvalitetan TIN model. Dobiveni 3D model, iako sa znatno naglašenim nedostacima, kvalitetnom softverskom obradom može se iskoristiti za druge svrhe gdje potpuno podudaranje modela sa stvarnim objektom nije od ključne važnosti (u turističke svrhe za prikaz na internetu, izrada suvenira u mjerilu pomoću 3D pisaača i slično).



Slika 4.9. Prikaz spomenika unutar aplikacije Google Earth

#### 6. ZAKLJUČAK

Ovisno o zadatku koji je potrebno riješiti, iskoristivost robotizirane geodetske mjerne stanice u funkciji skenera može biti na vrlo visokoj razini, pogotovo ako uzmemo u obzir da ima mogućnost prikupljanja i fotografskih podataka, a ne samo podataka o diskretnim točkama. Poznavanje mogućnosti novih softvera ključna je za svakog geodetskog stručnjaka koji se upušta u nova područja primjene dostupnih hardvera. Cijena komercijalnih softvera i obuka stručnjaka za korištenje istih stvaraju ekonomski problem pri ovakvim poslovima. Robotizirana mjerna stanica *Topcon Imaging Station* predstavlja dobru integraciju klasične mjerne stanice i modula za terestričko lasersko skeniranje. Ovakav se geodetski instrument može primijeniti za potrebe snimanja nasipa, raskrižja, u turističke svrhe, tj. za sve objekte kod kojih nije nužna velika gustoća točaka. Što se tiče objekata kod kojih je potrebna veća gustoća, a nemamo na raspolaganju terestrički skener, također je moguće koristiti mjernu stanicu, uz dobru pripremu te odabirom najveće gustoće skeniranja. Danas je potreba za 3D modelima i njihova primjena sve prisutnija u društvu, npr. u filmovima, videoigrama, u turističke svrhe, prikazivanja virtualne stvarnosti i dr. Geodetska struka ne bi se trebala držati po strani i prepustiti taj dio informatičarima te svakako može pronaći svoje mjesto u ovakvoj vrsti poslova jer se u svim slučajevima radi s prostornim podacima.

#### ZAHVALA

Zahvaljujemo se asistentu dr. sc. Mladenu Zrinjskom, dipl. ing., na aktivnom sudjelovanju i asistenciji prilikom izrade rada.

Zahvaljujemo se gosp. Đuri i gđi Verici Zalović te Vedranu Šeparoviću i Maji Jankaš iz tvrtke GEO CENTAR d.o.o. na ustupljenom instrumentu i softveru te pomoći pri terenskom radu i tehničkoj podršci.

Zahvaljujemo se gosp. Mariju Mileru, dipl.ing.geod., i gosp. Draženu Odobašiću, dipl. ing. geod., na korisnim savjetima.

#### LITERATURA

- › Basa, L., Juraj, I. (2011): Oblak točaka i AutoCAD Civil 3D 2011, Ekscentar – list studenata Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, br. 14, str. 34-39.
- › Miler, M., Đapo, A., Kordić, B., Medved, I. (2007): Terestrički laserski skeneri, Ekscentar – list studenata Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, br. 10, str. 35-38.
- › URL-1: <http://www.geocentar.com/cms/system/editor/uploads/files/produkti/LeafletImagingStationHR.pdf> (17. 3. 2012.)
- › URL-2: [http://www.phoenixse.com/media/IS-3\\_CUT.jpg](http://www.phoenixse.com/media/IS-3_CUT.jpg) (17. 3. 2012.)
- › URL-3: <http://www.topconpositioning.com/products/total-stations/imaging-and-scanning/is-3> (17. 3. 2012.)
- › URL-4: <http://www.terrageomatics.com> (17. 3. 2012.)
- › URL-5: <http://imagemaster3d.com/imagemaster.html> (17. 3. 2012.)
- › URL-6: <http://www.youtube.com/watch?v=XIsxEwNBizk&feature=related> (17. 3. 2012.)
- › URL-7: <http://www.youtube.com/watch?v=Ww5rCKsp0Nc> (17. 3. 2012.)
- › URL-8: <http://meshlab.sourceforge.net> (17. 3. 2012.)
- › URL-9: <http://vcg.sf.net> (17. 3. 2012.)
- › URL-10: <http://www.geomagic.com/en/products/wrap/overview> (17. 3. 2012.)
- › URL-11: <http://support.google.com/sketchup/bin/answer.py?hl=en&answer=37939> (17. 3. 2012.)
- › URL-12: <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=2e0d421fc0073572e1b741272ba7fd62> (17. 3. 2012.)