

MODERNI POGONSKI KATASTRI – AS BUILT

Miodrag Roić, Siniša Mastelić Ivrić i Hrvoje Matijević
Zavod za inženjersku geodeziju, Geodetski fakultet, Zagreb

***Sažetak.** Evidencije o prostoru su, danas još uvijek, u analognom obliku i većinom 2D prikazi. Potreba za detaljnijim i sveobuhvatnijim modelima (3D) prisutna je općenito, a osobito na području pogonskih katastara. Proces izrade sastoji se od izmjere i modeliranja. Iz modela se mogu izraditi razni oblici vizualizacije i 2D prikaza. U radu su opisane metode izmjere i načini izrade modela te mogućnosti vizualizacije različitih kulturnih i gospodarskih objekata.*

***Ključne riječi:** 3D modeli, vizualizacija, pogonski katastar.*

1. UVOD

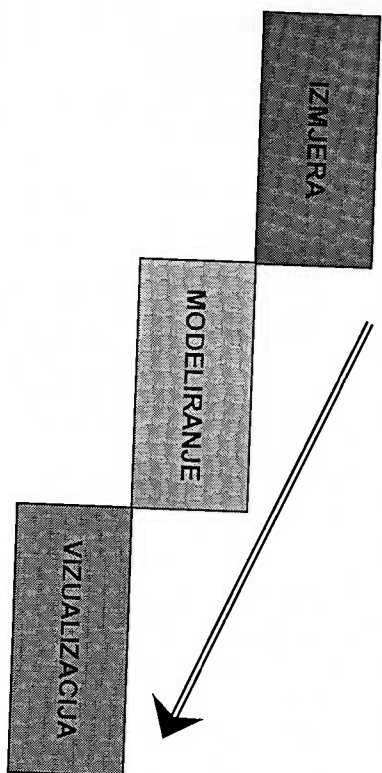
U predcivilizacijskom razdoblju zemljina površina nije pripadala ni jednoj osobi, sva živa bića su je koristila po prirodnom odabiru mogućnosti obrane. Kasnije je manji broj privilegiranih ostvario posjed na dijelovima zemljine površine. Danas je korištenje zemljine površine, a time i umjetnih objekata izgrađenih na njoj, jedan od važnih gospodarskih čimbenika moći. Kako gospodarski razvoju uvjetuje stvaranje sve složenijih sustava opriredivanja nekretnina, postojeće 2D evidencije nekretnina sve su manje dostatne kao podloga postizanju visoke učinkovitosti gospodarstva.

Prvi koraci napretka jesu sagledavanje stanja izradom informacijskog sustava u kojem su 3D modeli najčešće temeljna sastavnica. Izradu modela objekata omogućuju nam sve moćnije računalne aplikacije (CAD/CAM). Izrada modela iz mjerenih podataka (x, y, z) rezultira mogućnošću vjernog prikaza objekta te se taj postupak naziva “as built” ili “kao izgrađeno”.

U procesu projektiranja nastaju često 3D modeli, kao predodžba korisniku o budućem izgledu i smještaju objekata u prostoru, koji se uz provjeru nakon izgradnje mogu preuzeti kao “as built?”. Kako se u tijeku gradnje događaju izmjene svakako je projektirani model potrebno podvći mjernim kontrolama i dopunama.

Za već izgrađene objekte takvi modeli ne postoje te smo svjedoci zahtjeva vlasnika, korisnika za njiilovom izradom kako bi učinkovitije upravljali njima. Temeljna pitanja koja se u projektu postavljaju jesu: koji prostor treba modelirati, koja razina detalja se modelira, koliki su troškovi i dinamika izrade. Proces izrade 3D modela izvodi se u tri glavna koraka: izmjera, modeliranje i vizualizacija (slika 1).

Mjernici (geodeti) u prvom dijelu (izmjera) najpoznatiji su stručnjaci, a najčešće su vodeći stručnjaci i u svim fazama izrade informacijskog sustava o prostoru.



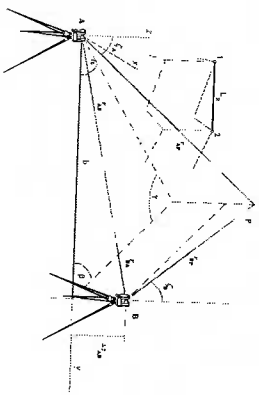
Slika 1. Proces izrade 3D modela

2. 3D IZMJERA OBJEKATA

U procesu izmjere, ovisno o prirodi objekta i svrsi za koju se model izrađuje, mogu se primijeniti uobičajene metode izmjere: polarna, presjek pravaca, fotogrametrija ili sve češće skeniranje laserskim daljinomjerima. Proces izmjere općenito se sastoji od: uspostave referentnog koordinatnog sustava, postavljanje (izbor) ciljnih točaka objekta, izmjera točaka, snimanje fotografija.

2.1. Polarna i fotogrametrijska metoda

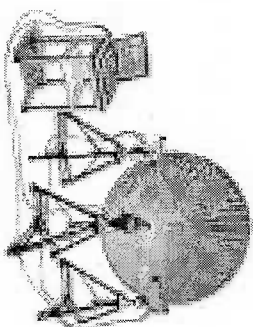
Polarna metoda izmjere (Macarol 1960) ubrzana je te se mogu postići veće točnosti mjerenja korištenjem mjernih stanica. Mjerenje udaljenosti moguće je bez reflektora što se često koristi pri ovakvim zadacima. Prostorni presjek udaljenostima daje bolju točnost od polarne metode te se primjenjuje kada su zahjeveri točnosti veći. Obje metode su spore tj. potrebno je više vremena za izmjernu iste količine točaka od fotogrametrije i laserskog skeniranja. Zato se one obično koriste za uspostavu referentnog koordinatnog sustava ili kao nadopuna tim metodama izmjere.



Slika 2. Polarni presjek naprijed

Fotogrametrijska metoda se ubrzava i automatizira uvođenjem digitalnih kamera koje dostižu kvalitet analognih. Umjesto filma kod digitalne kamere koristi se CCD (Charged Coupled Device) senzor. CCD je osjetljiv na svjetlost i koristi se za dobivanje slike. U normalnim uvjetima radi se o senzoru koji raspoznaje samo nijanse sivoga pa se koriste obojeni filtri kako bi se dobila slika u boji. Ekspozicijom se CCD senzor osvjetljava po svojoj površini intenzitetom koji ovisi o svjetlosnoj refleksiji objekta koji fotografiramo.

Svjetlost dolazi na senzorsku jedinicu izrađenu od silicija (poluvodič) i energija fotona se registrira na senzoru. Primijenu svjetlost CCD senzor pretvara u napon čija jakost ovisi o intenzitetu osvjetljenja. Analogno-digitalni pretvarač pretvara napon u digitalnu vrijednost, a ta digitalna vrijednost se pohranjuje na



Slika 3. Mjerni sustav V STARS (Leica)

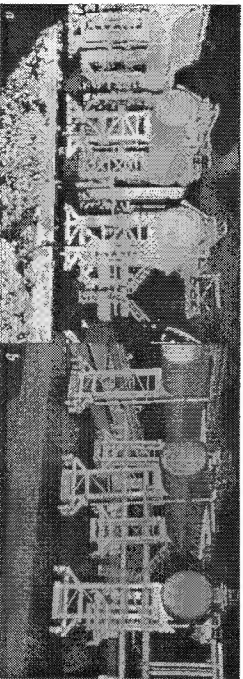
2.2. Lasersko mjerenje

Mjerenje udaljenosti pomoću lasera koristi se već više od tri desetljeća svakodnevnim opažanjima. Današnji napredak računalne tehnologije omogućava automatsko prikupljanje i procesiranje velike količine podataka dobivene korištenjem lasera. Konstrukcija posebnih mjernih uređaja – laserskih skanera – koji su povezani s računalom omogućavaju automatsku izmjernu velikog broja točaka prostornog objekta u kratkom vremenu. Laser skaner (slika 4) ima slobodno pokretnu reflektornu glavu i sastoji se od laserskog interferometra, rotirajućeg zrcala, dva optička limba i dva servo motora pozicijskog detektora.

Određivanje koordinata (slika 5) temelji se na polarnoj metodi odnosno mjerenju prostornog smjera laserske zrake (horizontalnog i vertikalnog kuta) udaljenosti između mjerne glave i točke objekta. Ove mjerene vrijednosti se pomoću računala pretvaraju u Kartezijeve koordinate.

oni zapravo čine konačni model željenog objekta, a prvobitno dobivena kvazi-slika koristi kao pomoć pri modeliranju ili lakšem raspoznavanju pojedinih ploha objekta.

Proces interpretacije rezultata dobivenih konverzijom seta x, y, z koordinata u ograničeni set geometrijskih oblika vrlo je zahtjevan postupak, čak i onda kada se koriste napredni alati za automatsku obradu. Operater usmjerava proces interpretacije davanjem granica područja i određivanjem tipova objekata, a softver uklapa geometrijske oblike (npr. stožac, cilindar, kvadar...) u postojeće 3D polje točaka (Lemmens i van den Heuvel 2001). Pojedini softveri specijalizirani su za modeliranje pojedinih objekata, kao npr. za razne vrste cjevovoda, instalacija, mosnih konstrukcija i slično.

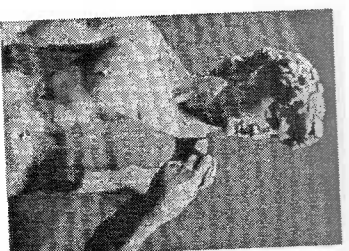


Slika 8. Izmjerene točke (kvazi model) i 3D model rafinerije

Laserskim skaniranjem dostupna je vrlo velika količina podataka (3D točaka) koje prikazuju skanirani objekt, a samo je oko 60% njih potrebno za zadovoljavajuće uklapanje geometrijskih oblika. Memorijski prostor potreban za pohranu geometrijskih oblika neusporedivo je manji od prostora za pohranu prvobitnog polja 3D točaka.

Dobiveni model omogućava korisniku bolje razumijevanje problema i učinkovitije održavanje i dogradnje. Također se kroz bolju iskorištenost smanjuju prekidi i neusklađenosti rada sustava i smanjuje ukupna cijena održavanja. Model može poslužiti i za bolje upoznavanje i testiranje sustava.

Sve objekte nije uvijek moguće modelirati pravilnim geometrijskim oblicima te se koristi drugi način. Vizualizacija objekata koji nisu rastavljeni u temeljne geometrijske oblike, zahtijeva uvođenje TIN-poligona (Triangular Irregular Network) na temelju oblaka točaka. Skanirano tijelo modelira se poligonima (mrežom trokuta) koji će ga konačno geometrijski definirati i omogućiti sjenčanje objekta. To je nužno npr. kada želimo vizualizirati 3D skanove umjetničkih djela ili građevina.

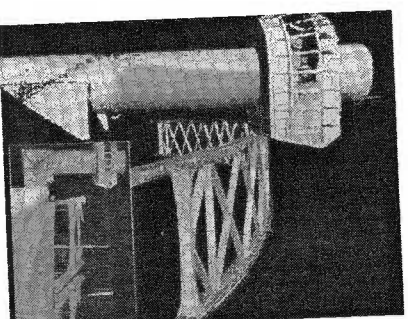


Slika 9. Model Davida (Lemmens i van den Heuvel 2001)

tako da bude u mogućnosti doseći najviše dijelove statue. Konačni model sastoji se od 2 bilijuna poligona i 7000 slika u boji. To je zahtijevalo preko 1000 sati rada skaniranja i još oko 1500 sati za obradu podataka.

4. VIZUALIZACIJA

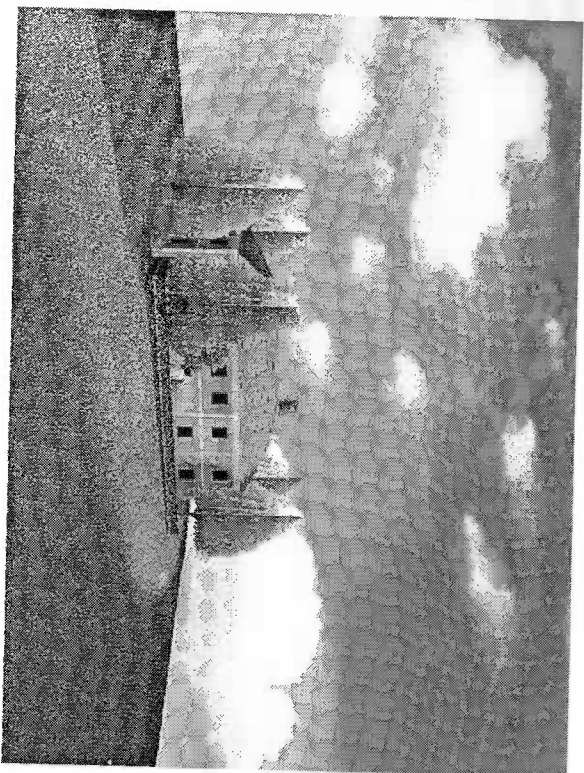
Iz 3D modela moguće je izraditi različite prikaze. Na slici 10 prikazan je laserskim skanerom izmjerena i modelirana most na rijeci Maas u Rotterdamu (Lemmens i van den Heuvel 2001).



Slika 10. Skanirani most

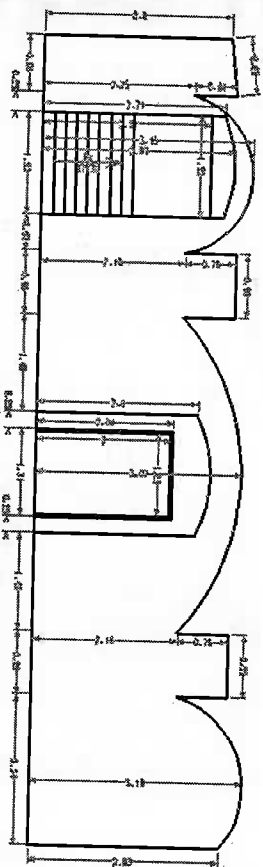
Primjer je 3D skaniranje skulpture Michelangelovoga Davida (slika 9). Stručnjaci sa sveučilišta Stanford i Washington koristili su laserski skaner za određivanje oblika i veličine te statue u Firenci. Uz laserski skan, načinjeno je i 7000 digitalnih fotografija u boji da bi se dobili svi detalji statue. Ciljana točnost mjerenja udaljenosti bila je 0.25 mm, dok je tražena rezolucija bila gustoće 1 mm, a na nekim dijelovima 0.29 mm. Visina statue bez postolja iznosila je 517 cm, površina 19 m², a težina 5800 kg. Motorizirano postolje prilagođeno je klasičnim su metodama izmjerili, modelirali i vizualizaciji dvorca Patačić u Vrbovcu glavnog trgta u Opuzenu Dvorac Patačić izmjerena i iznuta 1998. godine izvana i iznuta te je izrađen njegov mrežni model. Različite mogućnosti vizualizacije ostvarene su diplomskom radu (Paar 2000) Na slici 11 prikazan je primjer simulacije pogleda na dvorac pri oblačnom vremenu.

Studenti Geodetskog fakulteta klasičnim su metodama izmjerili, modelirali i vizualizaciji dvorca Patačić u Vrbovcu glavnog trgta u Opuzenu Dvorac Patačić izmjerena i iznuta 1998. godine izvana i iznuta te je izrađen njegov mrežni model. Različite mogućnosti vizualizacije ostvarene su diplomskom radu (Paar 2000) Na slici 11 prikazan je primjer simulacije pogleda na dvorac pri oblačnom vremenu.



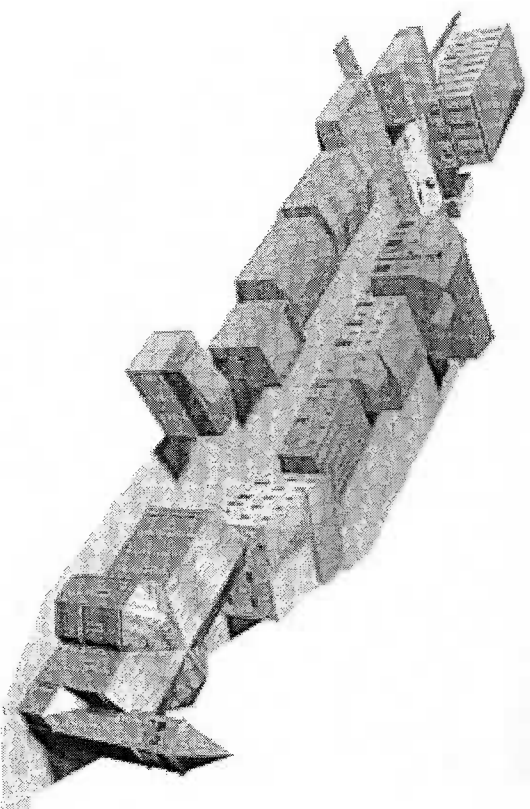
Slika 11. Dvorac Patačić u Vrbovcu

Kako se radi o spomeniku kulture korisnost ovog modela očituje se u mogućnosti izrade, za potrebe renoviranja dovoljno točnog tlocrta ili presjeka u bilo kojoj ravnini bez ponovnog izlaska na teren. Jedan presjek, znači 2D prikaz, izveden iz modela prikazuje slika 12.



Slika 12. Presjek dvorca iz 3D modela

U okviru studentske prakse 2000. godine dvije grupe od po 4 studenta izradile su modele objekata na glavnom trgu u Opuzenu. Izmjerene su značajne točke objekta i uz pomoć fotografija dobiven njegov model. Sa snimljenih fotografija preuzete su teksture zidova i drugih ploha te njima "presvučen" mrežni model. Fotografije su poslužile i kao skice izmjere odnosno podsjetnik o izgledu množiva arhitektonskih detalja.



Slika 13. Glavni trg u Opuzenu

5. ZAKLJUČAK

Pogonski katastri razvikom informacijskih tehnologija doživljavaju transformaciju. One dokumentacije koje postoje, transformiraju se u digitalni oblik i dopunjavaju. Otvaraju se i nove mogućnosti. Izrađuje se elektronska dokumentacija o povijesnom naslijeđu, industrijskim objektima i postrojenjima itd.

Svi ovi sustavi traže točne i pouzdane mjerne podatke pri čemu se lasersko skeniranje pokazuje kao jedna od najbržih i najtočnijih metoda. Lasersko skeniranje omogućuje direktno, brzo i točno stvaranje 3D polja točaka, odnosno skupa x, y, z koordinata.

LITERATURA

- Geodetski fakultet (2001): Izvješće o studentskoj praksi – OPUZEN 2000 Tehničko izvješće, Zagreb.
- Lemmens, M., van den Heuvel, F.A. (2001): 3D Close-range Laser Mapping System. GIM International, April 2001.
- Macarol, S. (1960): Praktična geodezija. Tehnička knjiga. Zagreb.
- Paar, R. (2000): Multimedijalna prezentacija geodetskih radova. Diplomski rad Geodetski fakultet, Zagreb.

MODERN UTILITY CADASTRES - AS BUILT

Abstract. Spatial register is today still in analogous form, being mostly 2D presentation. The need for a more detailed and more comprehensive models (3D) is generally present, and especially in the field of plant cadastre. The production process consists of surveying and modelling. Models are used for in the production of various visualisation forms and 2D presentations. The paper describes the surveying methods and model production manner, as well as the possibilities of visualising various cultural and economic objects.

Key words: 3D models, visualisation, utility cadastre

DRUGI HRVATSKI KONGRES O KATASTRU SECOND CROATIAN CONGRESS ON CADASTRE

Radovi izloženi na Kongresu u Zagrebu, 24.-26. listopada 2001.

Papers presented at the Congress at Zagreb, 24-26. October, 2001.

Pokrovitelji/Patrons

VLADA REPUBLIKE HRVATSKE

Sponzori/Sponsors

Ministarstvo znanosti i tehnologije
Državna geodetska uprava
Hrvatski hidrografski institut, Split
Zavod za fotogrametriju, Zagreb
Geodetski zavod, Split
"GEOSERVIS", Pula
"GALAGIS", Zagreb

Znanstveni odbor/Scientific Committee

Dr. sc. Miodrag Roić - predsjednik
Dr. sc. Željko Bačić
Dr. sc. Marko Džapo
Dr. sc. Nedjeljko Frančula
Dr. sc. Stanislav Franješ
Dr. sc. Božidar Kanajet
Dr. sc. Zdravko Kapović
Dr. sc. Miljenko Lapaine
Dr. sc. Zlatko Lasić
Dr. sc. Siniša Mastelić Ivić
Dr. sc. Damir Medak

Dr. sc. Boško Prbičević
Dr. sc. Miljenko Solarić
Dr. sc. Vjeron Strahonja
Mr.sc. Franjo Ambroš
Marko Cigić
Mirko Husak
Ivica Ivšić
Ivan Landek
Hrvoje Matijević
Damir Pahić

Organizacijski odbor/Organizing Committee

Dr. sc. Zdravko Kapović - predsjednik
Dr. sc. Božidar Kanajet
Dr. sc. Zlatko Lasić
Dr. sc. Miodrag Roić

Dr. sc. Damir Medak
Ivan Landek
Drago Mioč