

# Inženjerska geodezija 1

## Uvodno predavanje

Doc. dr Milutin Pejović, dipl.geod.inž.

[mpejovic@grf.bg.ac.rs](mailto:mpejovic@grf.bg.ac.rs)

Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

Odsek za geodeziju i geoinformatiku

Beograd, 2. 10. 2024.



# O nastavnicima

- **Doc. dr Milutin Pejović, dipl.geod.inž**
- **Vasilije Ilić, geod. inž.**

# O predmetu i obavezama

- 15 sedmica nastave;
- 3 časa predavanja;
- 2 časa vežbi;
- Pohadjanje predavanja i vežbi je **obavezno**;
- Dozvoljeno je odsustvo sa tri predavanja i tri vežbanja;
- Sastavni deo vežbanja je izrada elaborata;
- 2 računska kolokvijuma;
- Položeni kolokvijumi vas oslobadjaju polaganja pismenog dela ispita;
- Usmeni deo ispita;
- Inženjerska geodezija 1 je uslov za odlazak na Praktičnu nastavu;

- Inženjerska geodezija, S. Ašanin
- Inženjerska geodezija, A. Begović Z. Gospavić
- Primena geodezije u inženjerstvu, Č. Cvetković
- Osnove inženjerske geodezije, S. Pandžić
- Zbirka odabranih zadataka iz inženjerske geodezije, grupa autora
- Materijali sa predavanja

# A ko je inženjer?

- Etimološki, reč „inženjer“ potiče od latinske reči „ingeniosus“ što u slobodnom prevodu znači nadaren, sposoban da pronađe nešto novo, neko novo rešenje (inventivan);
- Godine 1961, Konferencija inženjerskih društava Zapadne Evrope i Sjedinjenih Američkih Država definisala je "profesionalnog inženjera" na sledeći način:

*„Profesionalni inženjer je kompetentan zahvaljujući svom osnovnom obrazovanju i obuci da primeni naučnu metodu i pristup u analizi i rešavanju inženjerskih problema. On/ona je sposoban/sposobna da preuzme ličnu odgovornost za razvoj i primenu inženjerske nauke i znanja, naročito u istraživanju, projektovanju, izgradnji, proizvodnji, nadzoru, upravljanju i obrazovanju inženjera. Njegov/njen rad je pretežno intelektualne i raznolike prirode i nije rutinski mentalnog ili fizičkog karaktera. Zahteva primenu originalnog mišljenja i prosuđivanja, kao i sposobnost nadgledanja tehničkog i administrativnog rada drugih. Njegovo/njeno obrazovanje je takvo da ga/je osposobljava da kontinuirano prati napredak u svojoj grani inženjerske nauke, konsultujući nova naučna dela na globalnom nivou, usvajajući te informacije i primenjujući ih samostalno. Na taj način je u mogućnosti da doprinese razvoju inženjerske nauke ili njenim primenama. Njegovo/njeno obrazovanje i obuka su takvi da je stekao/stekla široko i opšte razumevanje inženjerskih nauka, kao i duboko razumevanje specifičnosti sopstvene grane. Vremenom će biti sposoban/sposobna da daje autoritativne tehničke savete i preuzme odgovornost za vođenje važnih zadataka u svojoj grani.“*

# Koje su uloge inženjera?

- Da dizajnira (projektuje)

Inženjeri razvijaju nova tehničko-tehnološka rešenja. Tokom procesa inženjerskog dizajna, odgovornosti inženjera mogu uključivati **definisanje problema, sprovođenje i sužavanje istraživanja, analizu kriterijuma, pronalaženje i analizu rešenja, i donošenje odluka**. Veći deo vremena inženjeri provode u istraživanju informacija vezanih za projekat. Naime, istraživanja pokazuju da inženjeri provode 56% svog vremena u različitim aktivnostima vezanim za informacije, od čega 14% aktivno pretražuju informacije.

Inženjeri moraju da procene različite opcije dizajna prema njihovim prednostima i odaberu rešenje koje najbolje odgovara zahtevima i potrebama. Njihov ključni i jedinstveni zadatak je identifikovanje, razumevanje i tumačenje ograničenja u dizajnu kako bi postigli uspešan rezultat. Dobre veštine rešavanja problema predstavljaju važnu prednost za inženjere.

# Koje su uloge inženjera?

- **Da analizira**

*Inženjeri primenjuju tehnike inženjerske analize u testiranju, proizvodnji ili održavanju. Inženjeri moraju da analiziraju projektovano rešenje sa svih aspekata koji mogu uticati na uspesnost tog rešenja kako bi obezbedili kvalitet. Oni takođe procenjuju vreme i troškove potrebne za završetak projekata.*

*Inženjerska analiza podrazumeva primenu naučnih analitičkih principa i procesa kako bi se otkrila svojstva tehničko-tehnološkog rešenja koje se proučava. Proces analize podrazumeva razdvajanje inženjerskog rešenja komponente ili faze realizacije, analizu ili procenu svake komponente, i njihovo ponovno kombinovanje. Oni mogu analizirati i rizike.*

*Inženjeri se koriste računarima i softverima kako bi kreirali i analizirali tehnička rešenja, simulirali i testirali kako rešenje funkcioniše, definisali specifikacije, pratili kvalitet rešenja i kontrolisali efikasnost procesa.*

# Kako inženjer provodi radno vreme?

*Istraživanja sugerišu da se rad inženjera može podeliti na nekoliko ključnih oblasti: tehnički rad (primena nauke u razvoju proizvoda), socijalni rad (interaktivna komunikacija među ljudima), rad na računarima i informacione aktivnosti.*

*Prema studiji iz 2012. godine, inženjeri provode 62,92% vremena u tehničkom radu, 40,37% u socijalnom radu, i 49,66% u radu na računarima. Takođe postoji značajno preklapanje između ovih različitih tipova rada, pri čemu inženjeri provode 24,96% vremena angažovani u tehničkom i socijalnom radu, 37,97% u tehničkom, ali ne-socijalnom, 15,42% u ne-tehničkom i socijalnom radu, i 21,66% u ne-tehničkom i ne-socijalnom radu.*

*Istraživanja pokazuju da inženjeri provode 55,8% svog vremena angažovani u različitim informacijskim aktivnostima, uključujući 14,2% u aktivnoj potrazi za informacijama od drugih ljudi (7,8%) i iz dokumenta i baza podataka (6,4%).*

*Vreme koje inženjeri provode u ovim aktivnostima odražava se i na kompetencije potrebne za inženjerske uloge. Pored tehničke kompetencije, istraživanja su pokazala da su lične osobine, veštine menadžmenta projekata i kognitivne sposobnosti ključni faktori uspeha u ovoj ulozi.*



# Geodetski inženjer danas?

- Razvoj geodetske merne tehnologije i tehnologije obrade, analize i vizualizacije prikupljenih podataka u poslednjih dvadeset godina, otvara nove mogućnosti u pružanju usluga geodetskih inženjera. Tako danas, usluge geodetskih inženjera na gradilištu danas često su povezane sa inforamcionim tehnologijama koje se koriste prilikom izgradnje, a koje imaju za cilj bolje upravljanje podacima i lakše donošenje odluka.
- Sa jedne strane, rad geodetskih inženjera je značajno olakšan implementacijom specijalizovanih softvera i automatizacijom instrumenata. Sa druge strane, otvorila se mogućnost kreiranja novih informacija i novih proizvoda.
- Geomatika
- Geodetski inženjer ili Inženjer geo-prostornih podataka (Geo-spatial Engineer);
- Prilika za geodetske inženjere danas da doprinesu razvoju društva, nauke i civilizacije u celini je velika i konstantno raste.

# Čime se bavi geodezija?



# Šta je Inženjerska geodezija?

- Posebna oblast geodezije koja se bavi **geodetskom podrškom** inženjerskim projektima.
- Usko je povezana sa sledećim oblastima:
  - Građevinarstvo,
  - Arhitektura i Urbanizam,
  - Mašinstvo,
  - Rudarstvo i Energetika,
  - i druge.
- Drugi nazivi su **Primenjena geodezija** ili nekada davno, **Primenjena geometrija**;

# Vrste inženjerskih projekata?

- Ulice i autoputevi
- Kanali za odvodnjavanje
- Raskrsnice i čvorišta
- Trotoari
- Visoke i niske zgrade
- Mostovi i propusti
- Brane i ustave
- Kanalizacija rečnih korita
- Sanitarne deponije
- Rudarstvo—tuneli, okna
- Šljunkare, kamenolomi
- Olujne i sanitarne kanalizacije
- Vodovodne i gasne cevi
- Pristaništa i dokovi
- Kanali
- Železnice
- Aerodromi
- Rezervoari
- Planiranje terena, pejzažiranje
- Parkovi, formalne šetnice
- Pozicioniranje teške mehanizacije (kranovi)
- Prenosni dalekovodi.

# Koja znanja su potrebna?

- Tehnike geodetskih merenja;
- Principi i metodologije geodetskog premera;
- Teorija grešaka geodetskih merenja i račun izravnjanja;
- Geodetska metrologija i obezbeđenje kvaliteta;
- Poznavanje specifičnih zadataka za različite projekte

# Koja znanja su potrebna?

Za uspešno izvršavanje zadataka u Inženjerskoj geodeziji neophodna su znanja o principima geodetskog pozicioniranja i koordinatnim sistemima, geodetskim mernim tehnikama i instrumentima, analizi rezultata merenja i kreranja krajnjih rezultata.

Nivo neophodnog znanja zavisi od kompleksnosti objekta koji se gradi. Nije isto pružiti geodetsku podršku izgradnji manje stambene zgrade i izgradnji mosta preko Dunava ili izgradnji dugačkog tunela. Svaki građevinski projekat ima svoje specifičnosti koje su diktirane karakteristikama lokacije na kojoj se gradi, kompleksnosti aritektonsko-građevinskog rešenja kao i tehnologije građenja koja je predviđena.

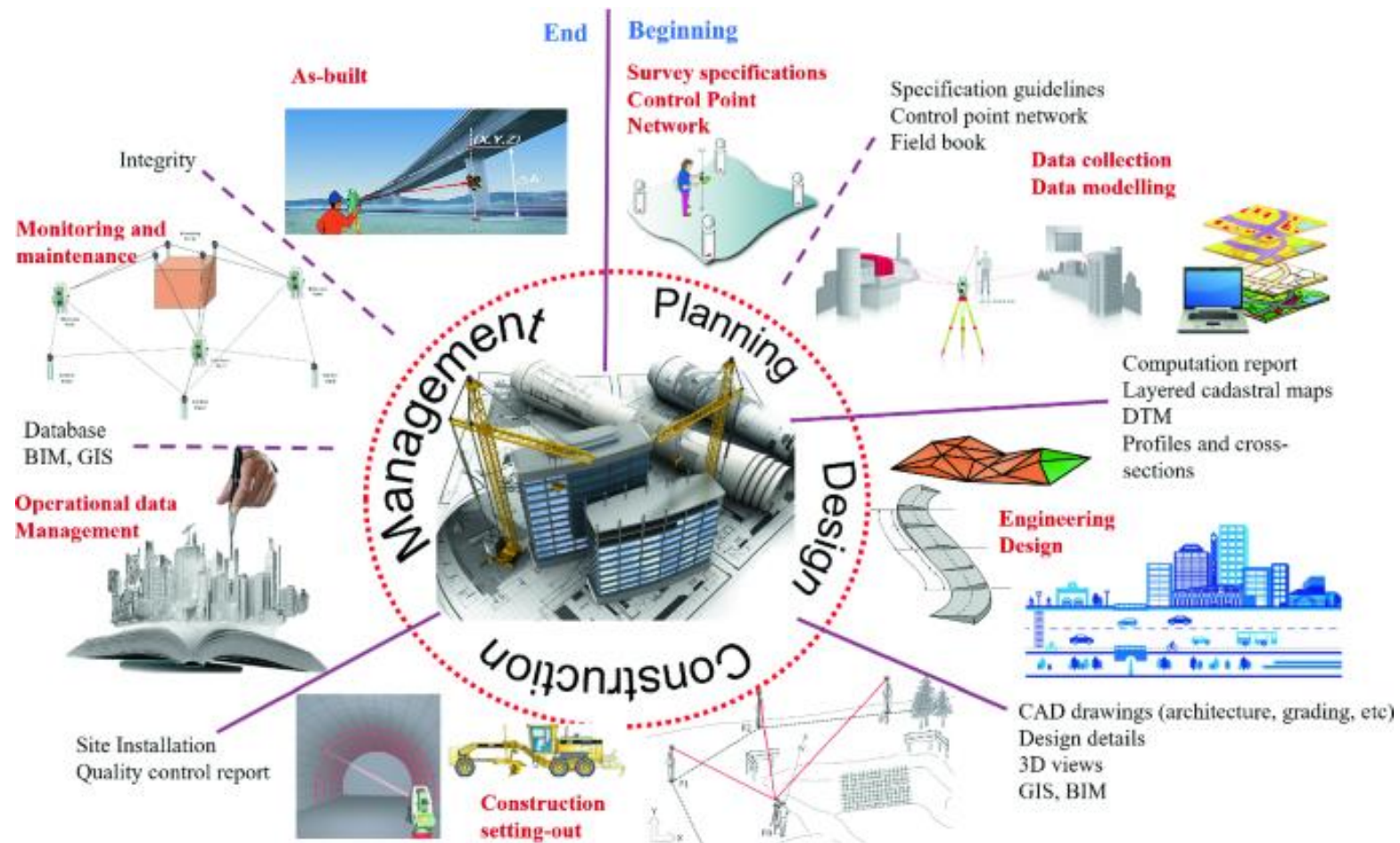
Da bi se pružila adekvatna geodetska podrška od geodete se očekuje da se upozna sa tim specifičnostima i shodno tome prilagodi metodologiju izvršavanja geodetskih zadataka. Zato se Inženjerska geodezija izdvaja kao oblast širokog spektra ekspertize.

# Tok rešavanja problema u Inženjerskoj geodeziji

1. Definisanje zadatka ili obima posla (projektni zadatak ili eng. scope of work);
2. Upoznavanje sa projektnim zahtevima (project requirements);
3. Upoznavanje sa projektnim ograničenjima i uslovima;
4. Iznažanje konceptualnih rešenja;
5. Analiza rešenja i odabir optimalnog konceptualnog rešenja;
6. Detaljna razrada projektnog rešenja (izrada projekta ili eng. design or method statement);
7. Realizacija projektnog rešenja na terenu;
8. Izrada izveštaja (elaborata) o realizaciji;



# Koje su faze realizacije inženjerskih projekata?





# Koje su faze realizacije inženjerskih projekata?



# Faze realizacije inženjerskih projekata – INVESTICIONA IDEJA



## INVESTICIONA IDEJA

- **Konsultacije pri izboru investicione lokacije**  
(analiza pogodnosti određenog geografskog prostora za investiciju)
- **Prikupljanje podataka o lokacijama kandidatima**  
(urbanističko-planska namena zemljišta, faktičko stanje u katastru)
- **Prikupljanje drugih prostornih podataka o lokaciji**  
(geološke i geotehničke karakteristike, infrastrukturna mreža itd.)
- **Izrada baze prostornih podataka o lokaciji**  
(jedinistvenog geo-web servisa sa svim prostornim podacima o investicionoj lokaciji)

# Faze realizacije inženjerskih projekata – PLANIRANJE



## PLANIRANJE

- **Izrada geodetskih podloga za projektovanje**  
(situacioni, topografski i katastarsko-topografskih planovi)
- **Upoređenje stanja u katastru i stanja na terenu**
- **Formiranje građevinske parcele**  
(parcelacija ili preparcelacija)
- **Vizualizacija**  
(Vizualizacija)



## PROJEKTOVANJE

- **Prikupljanje dodatnih informacija**  
(Dodatna geodetska snimanja tokom projektovanja)
- **Izrada geodetske projektne dokumentacije**  
(Projekat geodetskog obeležavanja, Projekat geodetskog osmatranja objekta i tla, proračun količina)
- **Provera usklađenosti projekta ili delova projekta i postojećeg stanja na terenu**
- **Predmer i predračun geodetskih radova**

# Faze realizacije inženjerskih projekata – IZVOĐENJE (GRAĐENJE)



## IZVOĐENJE/GRAĐENJE

- **Geodetsko obeležavanje**  
(Prostorno pozicioniranje svih pozicija izgradnje objekta)
- **Kontrola geometrije izvedenih radova tokom izgradnje**  
(Kontrola dimenzija, vertikalnosti, horizontalnosti, pozicije u prostoru i snimanje utrošenog materijala)
- **Geodetski monitoring deformacija**  
(Geodetsko osmatranje sleganja i drugih pomeranja)
- **Snimanje i dokumentovanje izvedenog stanja**  
(Geodetsko snimanje i dokumentovanje izvedenih pozicija tokom građenja)



## KONTROLA I PREDAJA IZVEDENOG OBJEKTA

- **Projekat izvedenog objekta**  
(Izrada projekta izvedenog objekta, dokumentovanje izmena)
- **Geodetski elaborati za upis objekta u katastar**  
(Elaborat geodetskih radova objekta i vodova)
- **Elaborati geodetskog osmatranja sleganja objekta i tla**  
(Geodetsko osmatranje sleganja objekta i tla za potreba dobijanja upotrebne dozvole)

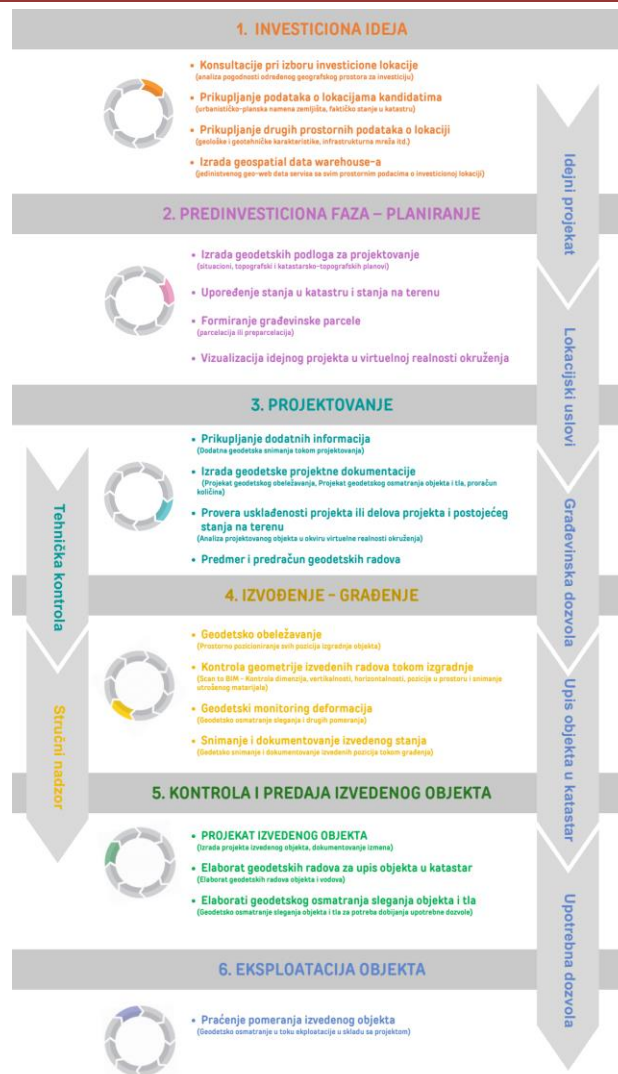
# Faze realizacije inženjerskih projekata – EKSPLOATACIJA OBJEKTA



## EKSPLOATACIJA OBJEKTA

- **Geodetsko praćenje (osmatranje) pomeranja izvedenog objekta**  
(Geodetsko osmatranje u toku eksploatacije u skladu sa projektom)
- **Geodetski radovi za potrebe periodičnog pregleda konstrukcije**  
(Geodetsko snimanje dimenzija objekata, oštećenja, karakterističnih detalja itd.)
- **Geodetsko snimanje promena na objektu**  
(Geodetsko osmatranje u toku eksploatacije u skladu sa projektom)

# Pregled u odnosu na našu regulativu



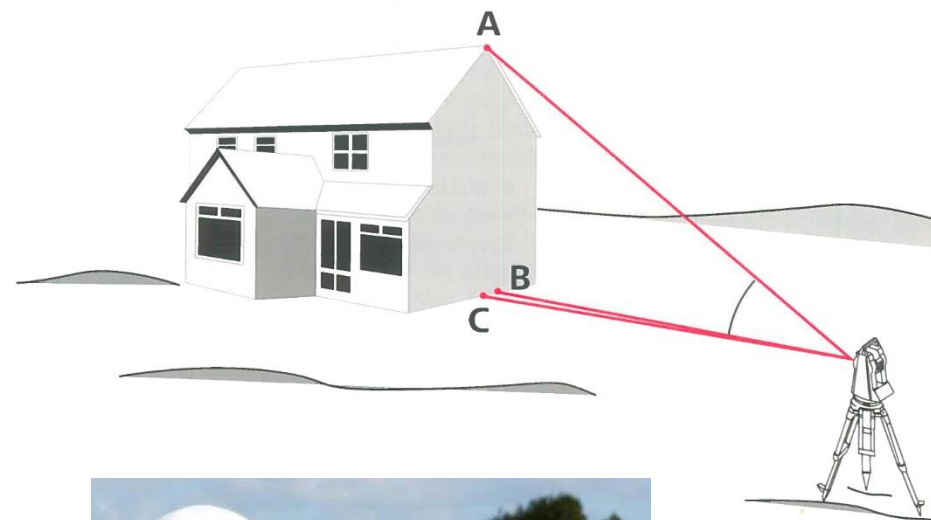


# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## TOTALNA STANICA

### Osobine:

- Omogućava merenja horizontalnih i vertikalnih uglova i dužina;
- Omogućava brzo određivanje 3D koordinata tačkaka;
- Visoka preciznost i efikasnost;
- Mogućnost kodiranja i dodeljivanja atributa tačkama;
- Mogućnost programiranja (kreiranja specijalizovanih aplikacija);
- Diskretizacija objekata tačkama i linijama.

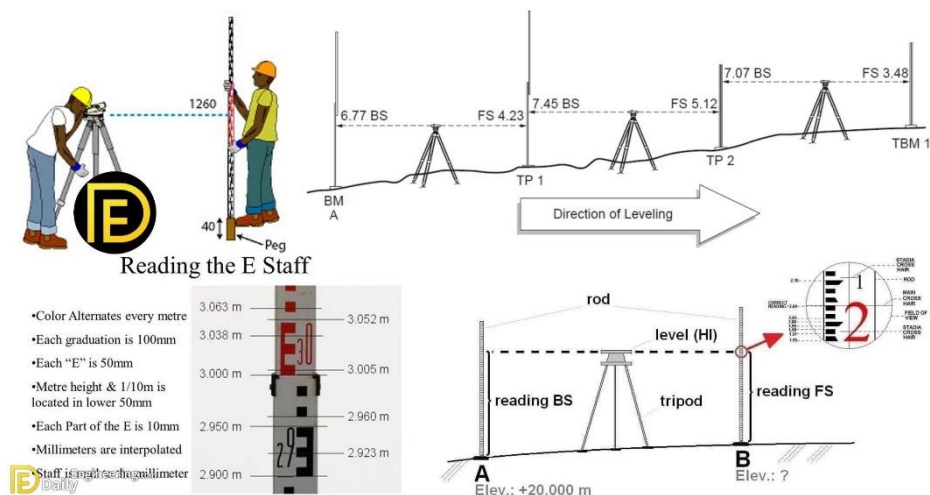


# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

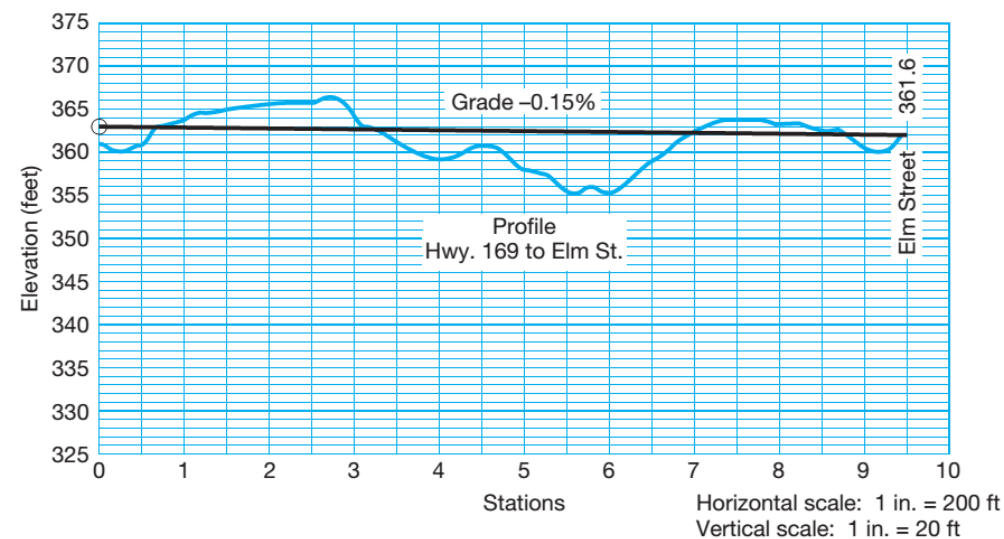
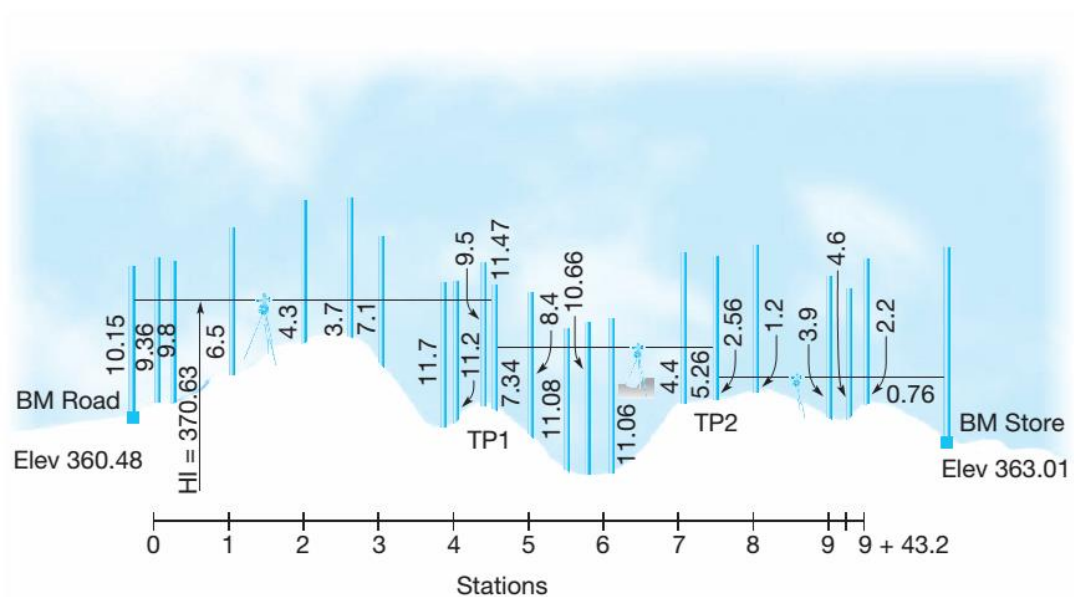
## DIGITALNI NIVELIR

### Osobine:

- Precizno određivanje visinskih razlika
- Nalazi primenu u preciznim radovima (geodetskoj mreži, visinskim obeležavanjima i kontrolama sleganja)



# НИВЕЛАЊЕ ПРОФИЛА



# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## GNSS (Global Navigation Satellite System)

### Osobine:

- Prva revolucija u geodeziji
- Pomoću GNSS-a moguće je dobiti položaj (kao trodimenzionalne koordinate) bilo gde na Zemlji, u bilo koje doba dana ili noći, u bilo kojim vremenskim uslovima, primanjem i obradom signala sa GPS satelita u orbiti.
- Ne zahteva dogledanje tačaka
- Omogućava određivanje koordinata u realnom vremenu (u određenoj tačnosti);
- Omogućava precizno pozicioniranje;
- Sastavni je deo skoro svih integrisanih mernih sistema





# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

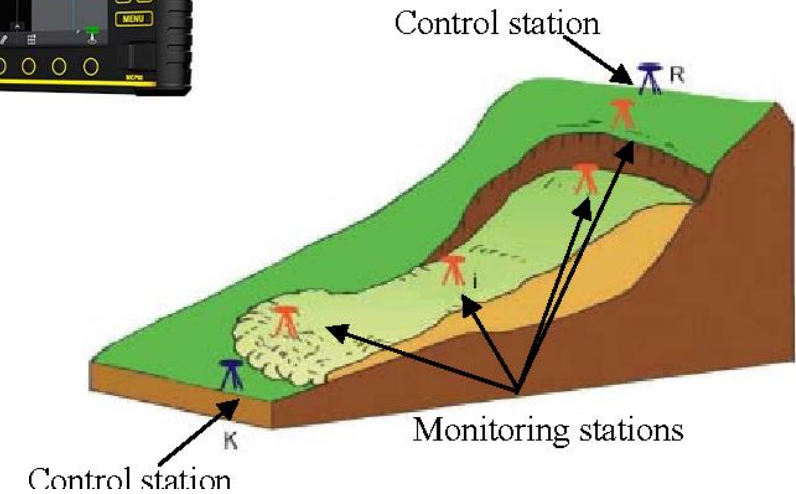
## GNSS



Snimanje terena



Kontrola građevinskih mašina

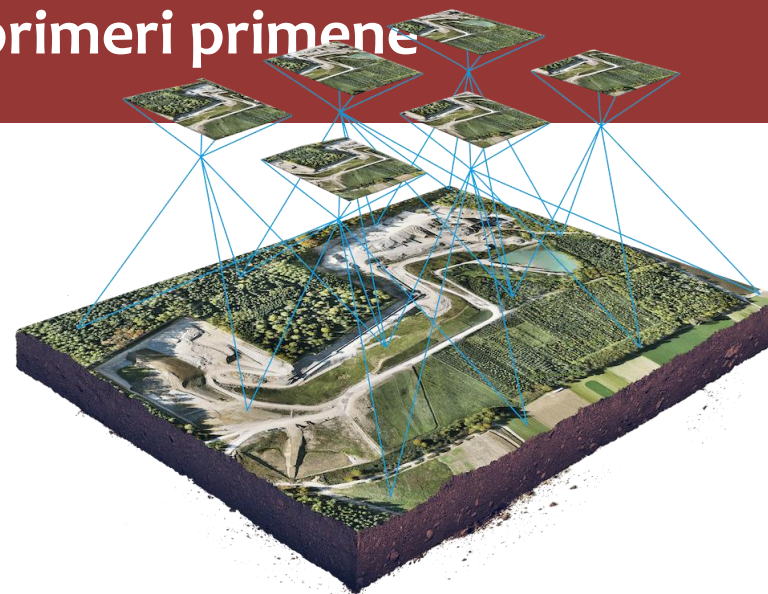


Geodetsko osmatranje deformacija

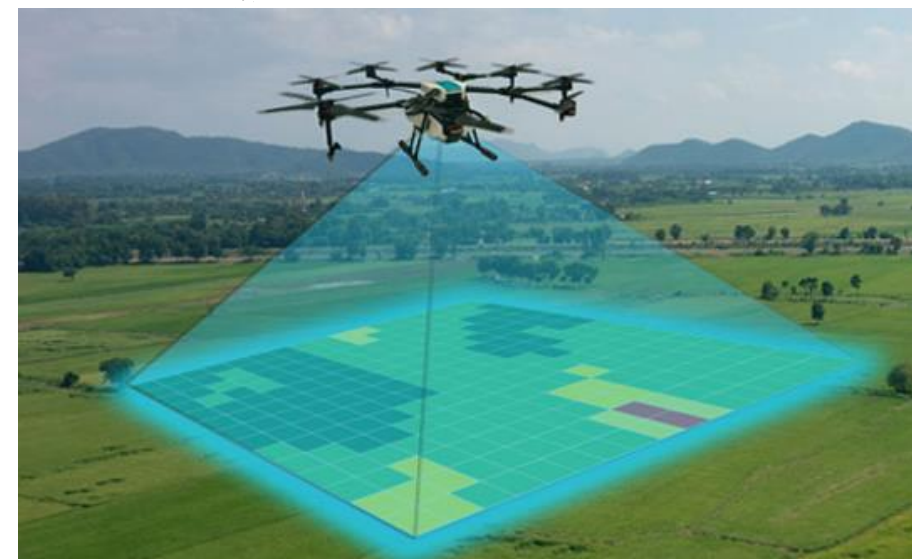
# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## FOTOGRAMETRIJA

Fotogrametrija je tehnologija za dobijanje pouzdanih informacija o objektima realnog sveta kroz proces snimanja, merenja i interpretacije fotografskih slika (ASPRS, 1980).



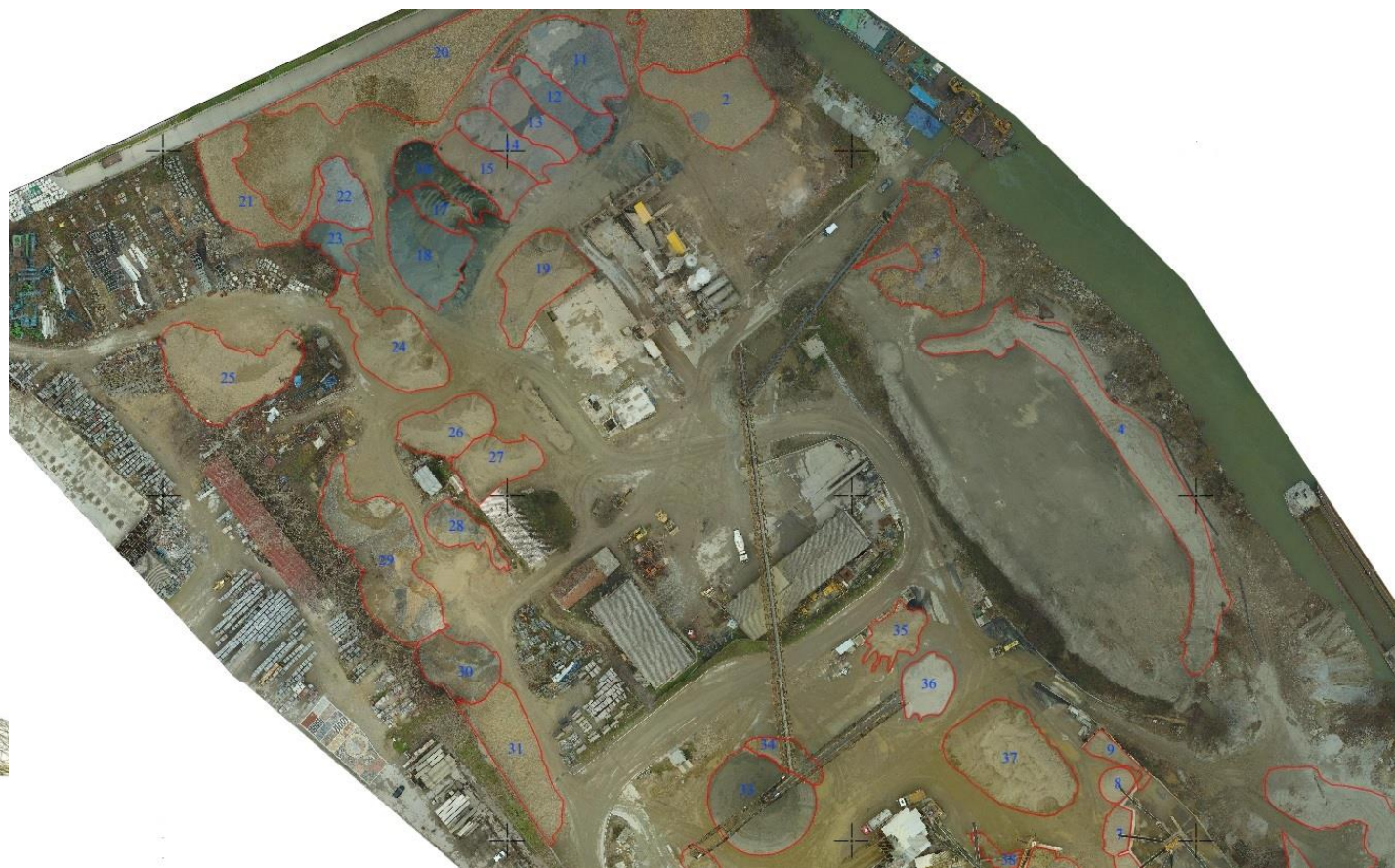
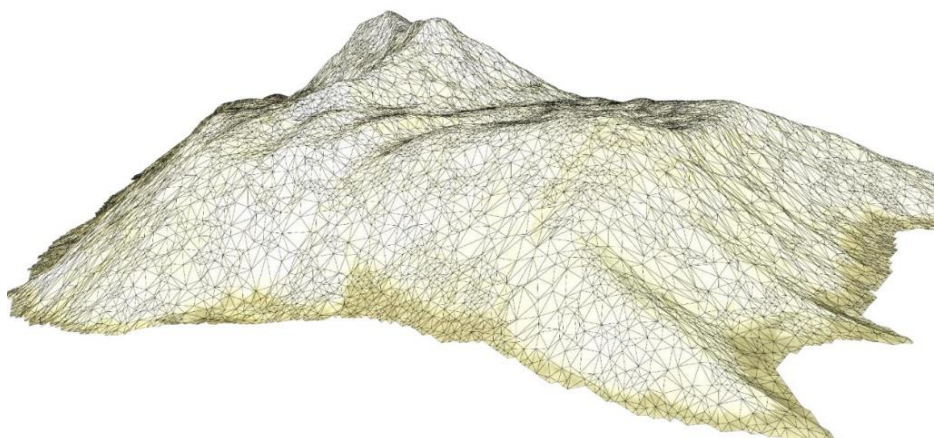
Nagli razvoj bespilotnih letelica (UAV - Unmanned aerial vehicle) i tehnologije snimanja iz vazduha pomoću različitih digitalnih senzora, omogućili su veoma široku primenu UAV sistema za fotogrametrijske svrhe – UAV fotogrametriju.





# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## FOTOGRAMETRIJA





# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## FOTOGRAMETRIJA



Geo-informacioni sistem zelenila

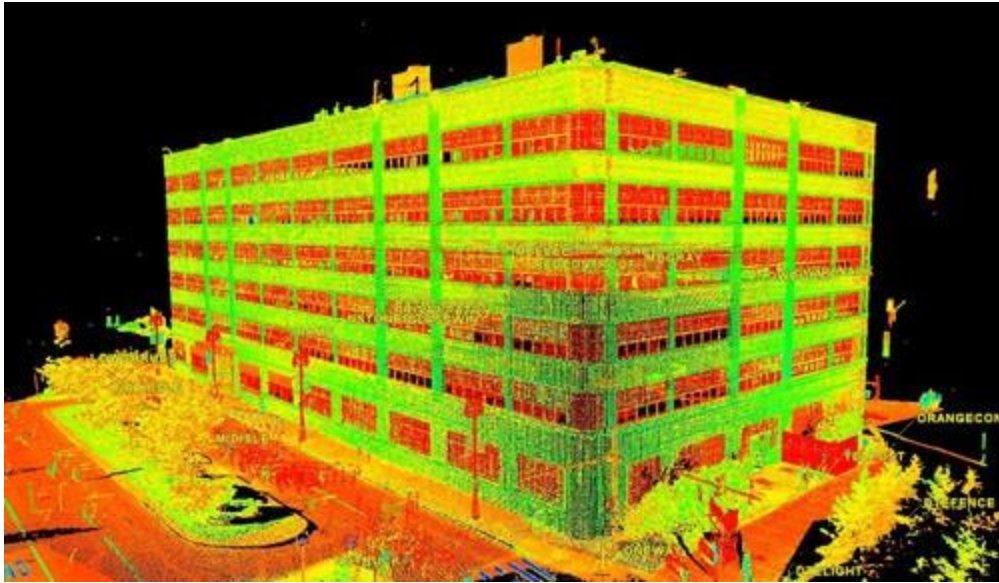


Geo-informacioni sistem solarnog  
potencijala naselja

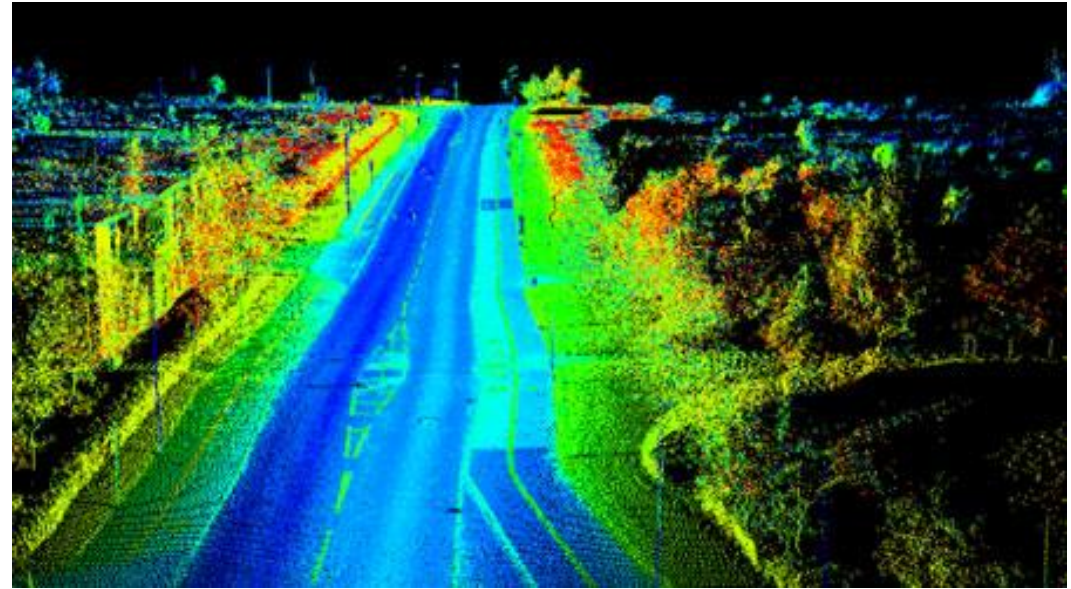


# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## LASERSKO SKENIRANJE



Stacionarno lasersko skeniranje



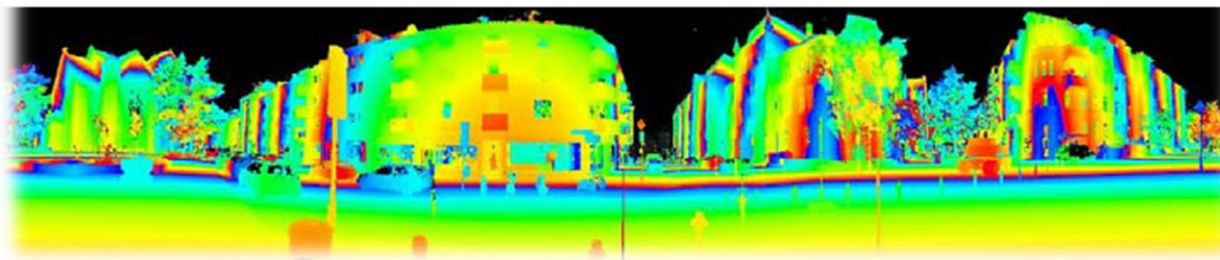
Mobilno lasersko skeniranje

# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## TERESTRIČKO LASERSKO SKENIRANJE

### Osobine:

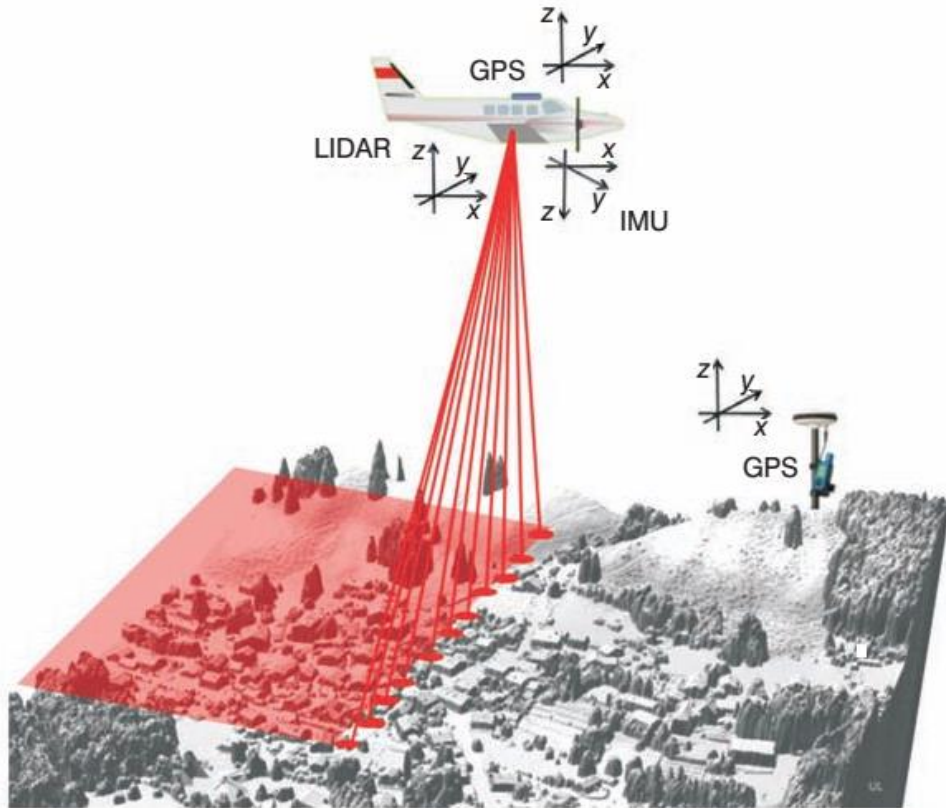
- Oblak tačaka (X, Y, Z + intenzitet povratnog zračenja)
- Visoka detaljnost (5mm razmak između tačaka)
- Visoka efikasnost (do 1milion tačaka u sekundi)
- Visoka preciznost (+/- 3mm)
- Panoramska foto-dokumentacija visoke rezolucije



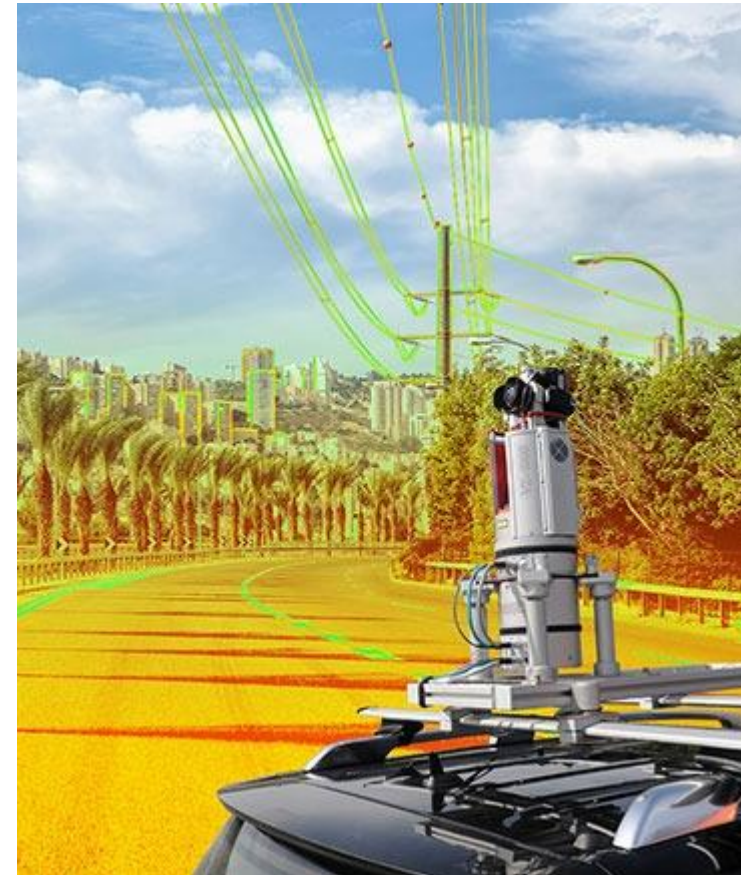


# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## MOBILNO LASERSKO SKENIRANJE



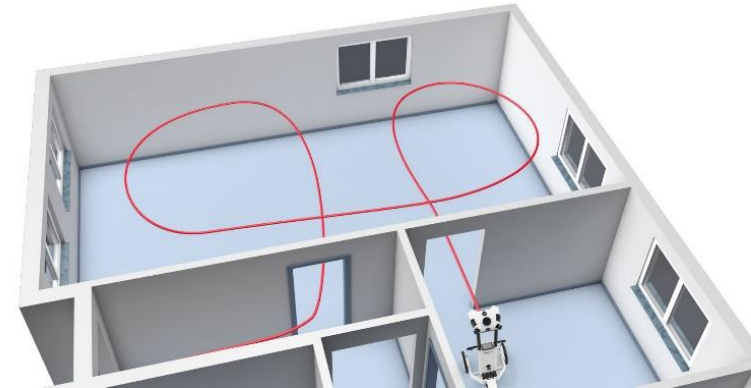
ALS



MLS

# Tehnike geodetskih merenja – karakteristike i primeri primene

## MOBILNO LASERSKO SKENIRANJE



# Izbor metodologije (tehnike) geodetskog merenja

Izbor metodologije (tehnike) geodetskog merenja (prikupljanja podataka) treba da odgovara zahtevima. Na primer, ukoliko u zahtevima stoji da je potrebno uraditi ažurne horizontalne i vertikalne preseke objekata (sa svim izmenama koje su do sada rađene na objektu), tehnike geodetskog snimanja visoke detaljnosti se nameću kao adekvatno rešenje. U tu svrhu, mogu se razmatrati tehnike snimanja mobilnim laserskim skenerom u unutrašnjosti objekta i stacionarnog skeniranja spoljašnjosti objekta. Na odabir odgovarajuće tehnike utiču i drugi zahtevi koji se mogu odnositi na preciznost rezultata. U tom smislu, mobilno lasersko skeniranje može biti odbačeno ako su zahtevi po pitanju preciznosti strogi.

# Principi inženjerske geodezije

1. Od većeg ka manjem (od geodetske mreže do objekta);
2. Ekonomičnost po pitanju tačnosti;
3. Konzistentnost
4. Nezavisna kontrola;
5. Jasnoća (nedvosmislenost) i bezbednost podataka

# Od većeg ka manjem (od geodetske mreže do objekta)

Princip od većeg ka manjem ili od geodetske mreže do objekta odnosi se tok geodetskih radova koji u prvom koraku podrazumeva razvijanje geodetske mreže specijalne namene. Takva geodetska mreža treba materijalizuje koordinatni sistem projekta i da omogući realizaciju svih drugih geodetskih radova koji slede. Ideja je da se započne sa širim okvirom, što podrazumeva stvaranje čvrstog i preciznog referentnog sistema za čitavo područje ili projekat. Od te "celine" manji, detaljniji delovi se mogu precizno pozicionirati i kontrolisati geodetskim merenjima.

# Ekonomičnost po pitanju tačnosti

Geodetski radovi se izvode za specifične potrebe i trebaju biti realizovani u skladu sa zahtevanom tačnošću, ali ne i tačnije od toga, jer bi to dovelo do nepotrebnog poskupljenja radova. Sa druge strane, tačnost koja se može ostvariti je uslovljena tačnošću drugih veličina (geodetske mreže, metode merenja i instrumenata). U skladu sa zahtevima, karakteristikama objekta i drugim uslovima vrši se izbor metode, instrumenata i prateće opreme.



**Svaki „proizvod“ je dobar koliko je dobar njegov najlošiji deo. U pogledu geodetskih merenja to znači da sva merenja budu približno iste tačnosti, u skladu s principom ekonomičnosti po tačnosti. To podrazumeva da tačnost npr. uglovnih i linearnih merenja treba biti usklađena. Prilikom uspostavljanja geodetskih mreža postavlja se zahtev da geodetska mreža bude homogeno-izotropna. Ovo nam omogućuje da tačnost tačaka pozicioniranih u odnosu na takvu mrežu (snimljenih ili obeleženih) bude približno ista.**

Nezavisna kontrola predstavlja meru borbe protiv pojave grubih i sistematskih grešaka u rezultatima merenja, a samim tim predstavlja meru osiguranja kvaliteta. Gde postoji mogućnost za pojavu greške, mora postojati i metoda za njeno otkrivanje.

U pogledu geodetskih merenja nezavisna kontrola može biti izvršena ponavljanjem merenja drugom metodom, korišćenjem druge opreme, da kontrolu merenja vrši druga ekipa. Nezavisna kontrola kod snimanja detalja može se ostvariti merenjem frontova. Merenje pravaca kontroliše položaj tačke po gradijentu, dok merenje dužine kontroliše položaj tačke po pravcu. Merenja u mreži treba tako planirati da je moguće kontrolisati svaku merenu veličinu drugom vrstom merenih veličina, tj. jednom vrstom merenja kontroliše se druga vrsta merenja, npr. ako je mereno rastojanje između dve tačke može se izmeriti ugao sa neke tačke ka tačkama između kojih je mereno rastojanje i time je kontrolisana ta dužina.

Podaci geodetskih merenja u inženjerskim projektima često predstavljaju dokaz o realizovanim radovima na osnovu kojih se vrši verifikacija i naplata izvedenih radova. Pored toga, geodetska merenja mogu biti skup proces. Prema tome, svaka razumljiva mera predostrožnosti treba biti preduzeta kako bi se osiguralo da radovi ne budu ugroženi. Obezbeđivanje se odnosi na zaštitu podataka i rezultata merenja. Podaci merenja koji se registruju na terenu moraju biti u trajnom, čitljivom, nedvosmislenom i lako razumljivom obliku kako bi i drugi mogli da ih razumeju. Podaci treba da budu duplicirani u najranijoj fazi, tako da, ukoliko se nešto dogodi originalnom zapisu, informacije ne budu izgubljene. Ovo se može postići pravljenjem rezervnih kopija računarskih fajlova.

**Hvala na pažnji!**