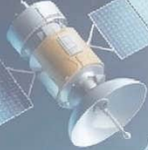


1. DANI GEODETA FEDERACIJE BiH



FGU
Federalna uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove



**1. DANI GEODETA
FEDERACIJE BiH**

SAVREMENE METODE PRIKUPLJANJA GEOPROSTORNIH PODATAKA

MIRNES BOJIĆ dipl. ing. geod.

BNpro d.o.o. SARAJEVO

mirnes@bnpro.ba

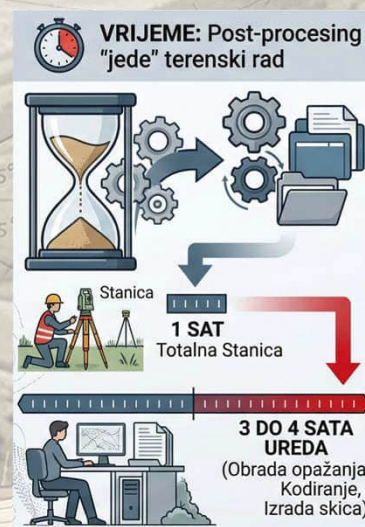


Sadržaj

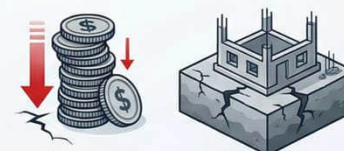
- Glavni izazovi tradicionalne geodezije
- Multisenzorska rješenja i automatizacija
- Multiskalarna fotogrametrija
- Lasersko skeniranje
- Multispektralni satelitski snimci
- Radarski satelitski snimci
- Zaključna razmatranja

Izazovi tradicionalnog pristupa

- Prelazak s diskretnih tačaka (klasična mjerenja) na masovne podatke (oblaci tačaka).
- Vrijeme: 1h terena zahtijeva 3-4h ureda za obradu podataka.
- Troškovi: 15-20% projekata zahtijeva naknadni izlazak na teren.
- Rizik: Manualni unos podataka i pogreške u interpretaciji.
- Cilj: Smanjenje ljudske pogreške na ispod 1%.



NOVAC: Troškovi ponovnog izlaska na teren (Re-survey)

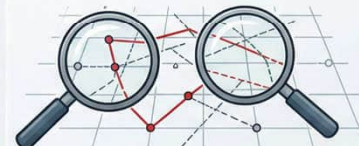


NEPOTPUNI OBUHVAT / POGREŠKE U ORIJENTACIJI



15-20% PROJEKATA

RIZIK: Geodetska tačnost i ljudska pogreška



TRADICIONALNO: Manualni unos podataka

KATASTARSKI PLANOVI / PROJEKTA DOKUMENTACIJA

DIGITALIZACIJA
(FOTOGRAMetriJA, LASERSKO SKENIRANJE, RTK):
Smanjen rizik ljudske pogreške na < 1%



Multisenzorska rješenja i automatizacija

- **Fotogrametrija i LiDAR (High-Density podaci)**

- Izrada digitalnih blizanaca (Digital Twin), detaljna topografija i 3D modeliranje gradskih jezgri.
- Subcentimetarska preciznost i vizualna dokumentacija as-built stanja.

- **Multispektralni satelitski snimci**

- Klasifikacija zemljišta, monitoring vegetacije (NDVI) i detekcija promjena u prostoru na razini cijelih regija.
- Praćenje šumskih resursa, poljoprivredna geodezija i rani sustavi upozorenja.



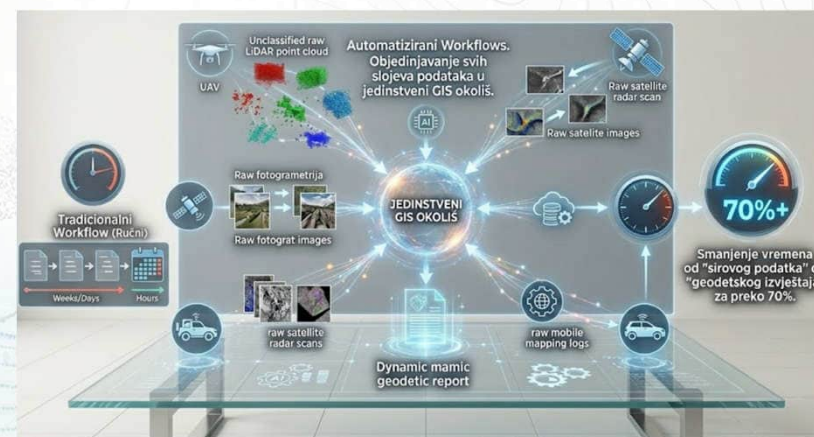
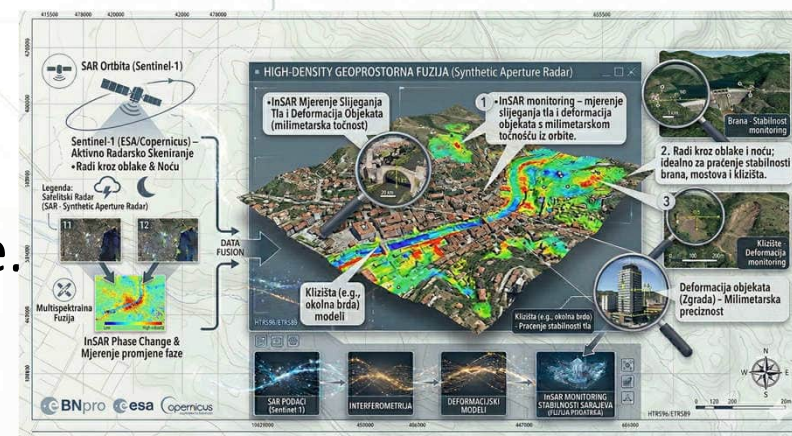
Multisenzorska rješenja i automatizacija

- **Satelitski Radar InSAR monitoring** – mjerenje slijeganja tla i deformacija objekata s milimetarskom tačnošću iz orbite.

- Radi kroz oblake i noću; idealno za praćenje stabilnosti brana, mostova i klizišta.

- **Automatizirani Workflows**

- Objedinjavanje svih slojeva podataka u jedinstveni **GIS okoliš**.
- Smanjenje vremena od "sirovog podatka" do "geodetskog izvještaja" za preko **70%**.



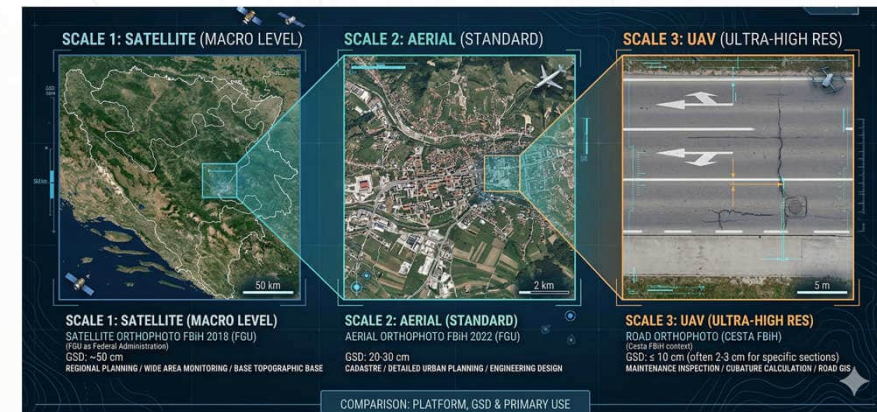
Fotogrametrija

- **Tehnološki okvir:**

- Fotogrametrija više nije vezana samo za avione.
- Danas biramo platformu ovisno o traženoj točnosti i obuhvatu.

- **Ključni parametar - GSD:** Rezolucija (veličina piksela na tlu) određuje nivo detaljnosti i tačnost fotogrametrijskog modela.

- **Integracija:** Svi podaci se, bez obzira na izvor, georeferenciraju u službeni koordinatni sistem radi potpune kompatibilnosti.



Satelitska fotogrametrija



- **Način izrade:**

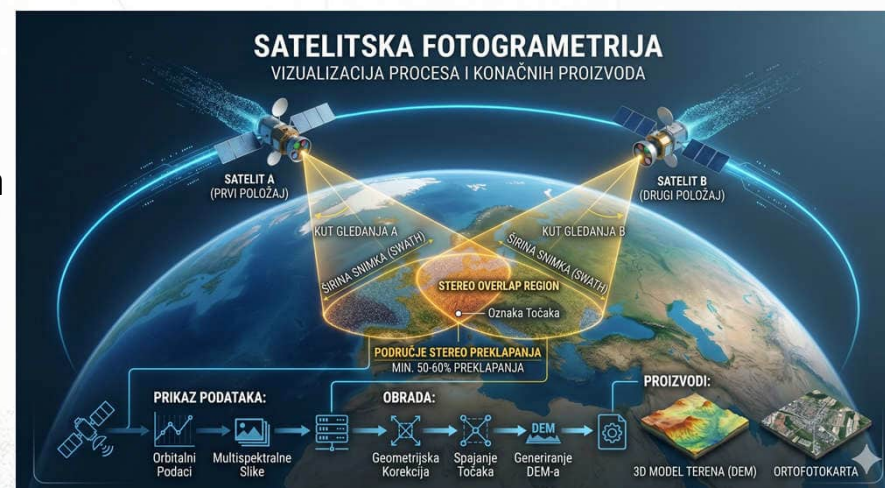
- Prikupljanje stereo i tri-stereo snimaka visoke rezolucije iz Zemljine orbite.
- Orijentacija snimaka pomoću efemerida senzora i zemaljskih kontrolnih tačaka (GCP).
- Ekstrakcija Digitalnog Modela Visina (DEM/DSM) i ortorektifikacija za uklanjanje deformacija reljefa i nagiba senzora.

- **Vodeće satelitske platforme:**

- **Maxar** (WorldView-2/3/4, GeoEye-1),
- **Airbus** (Pléiades, Pléiades Neo),
- **Planet** (SkySat).

- **Prostorna rezolucija:**

- Prelazak u *Very High-Resolution* (VHR) domenu.
- Komercijalni sateliti dostižu veličinu piksela od **15 cm do 50 cm**.



Satelitska fotogrametrija

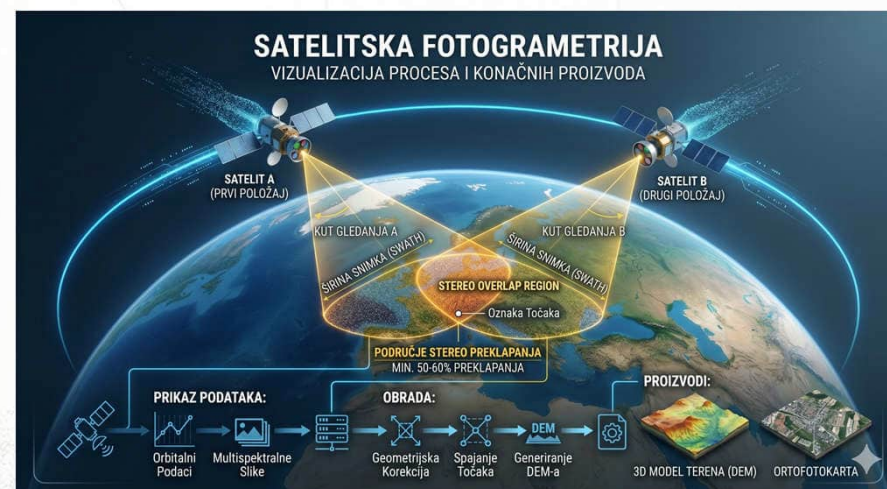


- **Očekivane tačnosti:**

- *Apsolutna (bez GCP):* 3 do 5 metara (CE90), oslanjajući se samo na satelitske efemeride.
- *Relativna/Apsolutna (sa GCP):* Submetarska tačnost, često u rangu 1 do 2 piksela (npr. **20 – 40 cm**).

- **Ključne primjene:**

- Izrada osnovnih državnih karata i ortofoto mozaika (npr. DOP FBiH).
- Ažuriranje GIS baza podataka i katastra.
- Monitoring nepristupačnih područja, šumarstvo, poljoprivreda i brza detekcija promjena (Change Detection).



Satelitska fotogrametrija

- **Projekat:** DOF Federacije BiH 2018. (FGU)
- **Izvor:** Digital Globe konstelacija satelita: GeoEye-1, WorldView-2, WorldView-3 i WorldView-4.
- **Karakteristike:**
 - **Obuhvat:** Cjela teritorija federacije 27500 km², urbana područja 5.505 km².
 - **Spektralna i radiometrijska rezolucija:**
 - Četiri spektralna kanala: plavi, zeleni, crveni i blisko infracrveni (NIR),
 - Izvorni satelitski snimci sa radiometrijskom rezolucijom od 16 bita po kanalu,
 - Finalni ortofoto mozaici (RGB i CIR) sa radiometrijskom rezolucijom od 8 bita po kanalu.
 - **Prostorna rezolucija:**
 - Cijela teritorija FBiH u rezoluciji 40 cm GSD,
 - Urbana područja u rezoluciji 30 cmGSD.



Aerofotogrametrija



- **Način izrade:**

- Sistematsko snimanje terena iz aviona po planiranim linijama leta uz visoki uzdužni i poprečni preklop (60%/30% za ortofoto, do 80%/80% za 3D modeliranje).
- Upotreba metričkih digitalnih kamera velikog formata (Large Format Cameras) integrisanih sa visoko-preciznim GNSS/IMU sistemima.
- Blok izravnaje (aerotriangulacija) i digitalna obrada u fotogrametrijskim radnim stanicama za generisanje DTM-a i ortofotoa.

- **Prostorna rezolucija (GSD):**

- Najčešće se kreće u rasponu od **5 cm do 25 cm**, što se reguliše visinom leta i karakteristikama senzora.
- Predstavlja idealan balans između izuzetne detaljnosti i mogućnosti efikasnog snimanja i obrade ogromnih prostranstava.



Aerofotogrametrija



- **Očekivane tačnosti:**

- Visoka geometrijska pouzdanost: Uz kvalitetan raspored orijentacionih tačaka (GCP), položajna (XY) tačnost dostiže 1 do 2 piksela (GSD), dok je visinska (Z) 1.5 do 3 piksela.
- Omogućava subdecimetarsku i decimetarsku tačnosti, što zadovoljava najstrože geodetske standard

- **Ključne primjene:**

- Sistematski državni premjer i obnova katastra nekretnina.
- Izrada Osnovne topografske baze (OTB) i detaljnih digitalnih modela terena/površina (DTM/DSM).
- Urbanističko planiranje, projektovanje kompleksnih infrastrukturnih koridora (ceste, željeznice, dalekovodi) i 3D modeliranje gradova.



Aerofotogrametrija

- **Projekt:** DOF Federacije BiH 2022. (FGU)
- **Senzor i oprema:**
 - Korišten sistem Vexcel UltraCam Eagle Mark II (s 8 glava) sa žiro stabilizacijom (Somag GSM3000) i preciznim GNSS/INS sistemom (Novatel POSAV 510).
 - Kao letjelice korišteni su avioni Cessna 402B i Piper Navajo
- **Parametri snimanja i fotogrametrijski blokovi:**
 - Područje je podijeljeno na ukupno 10 blokova.
 - Uzdužni i poprečni preklop snimaka iznosio je 60%/20%.
- **Geodetska osnova i tačnost (Aerotriangulacija):**
 - Obilježeno je i mjereno 215 orijentacionih i 52 kontrolne tačke.
 - Ostvarena tačnost izravnjanja bloka ≤ 30 cm za položaj (XY) i ≤ 35 cm za visinu (Z).
- **Finalni proizvodi:**
 - Ortofoto plano na listove detalja razmjere 1:5000.
 - RGB i CIR ortofoto planovi u 8-bitnom nekomprimovanom TIFF formatu.



UAV fotogrametrija

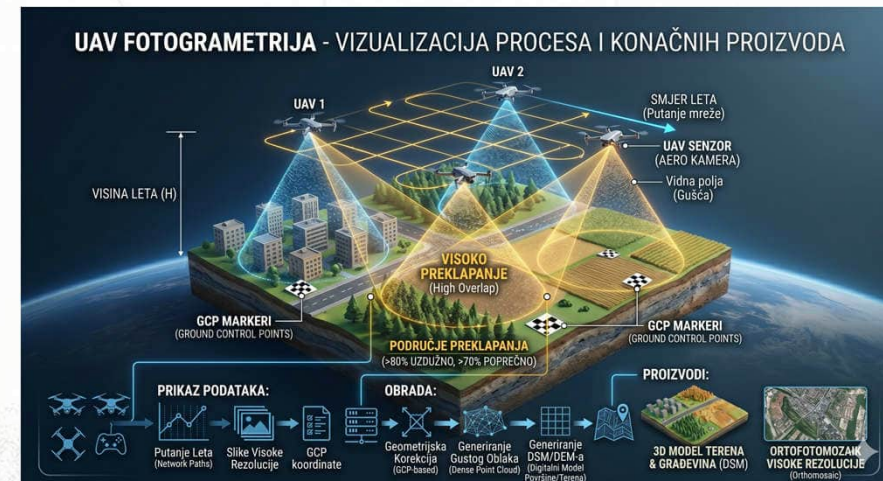


- **Način izrade:**

- Planiranje i izvršenje autonomnih misija letenja na malim visinama uz izuzetno visok uzdužni i poprečni preklop (70% do 80% i više).
- Upotreba bespilotnih letjelica (multirotor ili fiksno krilo) opremljenih RGB, multispektralnim ili termalnim sensorima te RTK/PPK modulima.
- Obrada podataka naprednim SfM (Structure from Motion) algoritmima za generisanje gustih oblaka tačaka.

- **Prostorna rezolucija (GSD):**

- Pruža neprevaziđen nivo detalja, najčešće u rasponu od 1 cm do 5 cm po pikselu, zavisno od visine leta i karakteristika senzora.
- Izuzetna detaljnost.



UAV fotogrametrija

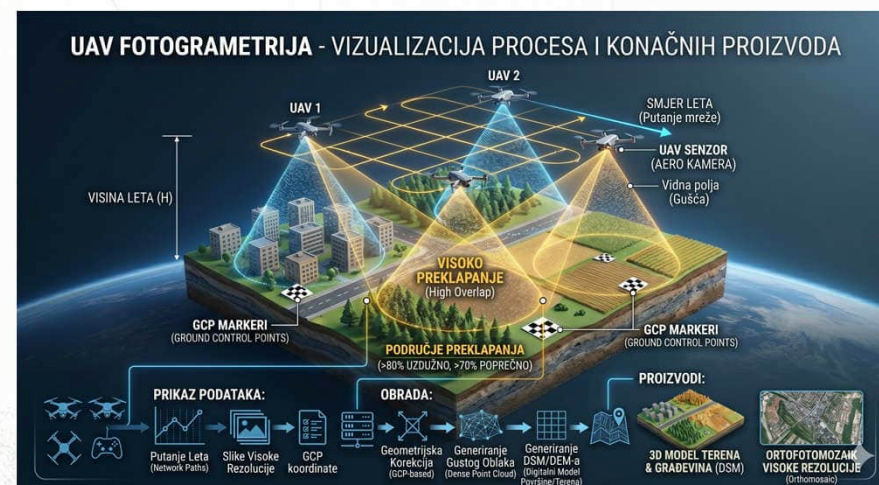


• Očekivane tačnosti:

- Inženjerska tačnost: Uz primjenu RTK/PPK tehnologije i/ili adekvatnog broja zemaljskih kontrolnih tačaka (GCP), apsolutna tačnost dostiže 1 do 3 cm položajno (XY) i 2 do 5 cm visinski (Z).

• Ključne primjene:

- Detaljna izmjera manjih do srednjih područja (inženjerska geodezija i as-built dokumentacija).
- Računanje kubatura (volumena) masa na gradilištima, deponijama i površinskim kopovima.
- Inspekcija infrastrukture, kreiranje digitalnih blizanaca (Digital Twins) i fotorealistično 3D modeliranje kulturnog naslijeđa.



UAV fotogrametrija

- **Projekt:** Snimanje magistralnih cesta 2025 (Ceste FBiH)
- **Senzor i oprema:**
 - Korišten je sistem DJI Matrice Zenmuse L2
- **Parametri snimanja i fotogrametrijski blokovi:**
 - Područje je podijeljeno na dionica magistralne eeste.
 - Uzdužni i poprečni preklop snimaka iznosio je 70% / 40%.
- **Geodetska osnova i tačnost (Aerotriangulacija):**
 - Obilježeno je i mjereno ukupno 2100 tačaka na terenu (orijentacionih i kontrolnih).
 - Ostvarena tačnost izravnjanja bloka (RMSE) nalazi se u granicama ≤ 3 cm za položaj (XY) i ≤ 3 cm za visinu (Z).
- **Finalni proizvodi:**
 - Digitalni ortofoto planovi kreirani su pomoću softvera DJI Terra
 - Isporuka je izvršena prema podjeli na listove detalja razmjere 1:2500, GSD 3.0 cm.
 - Izrađeni su RGB ortofoto planovi u 8-bitnom nekomprimovanom TIFF formatu.



Lasersko skeniranje



- Princip rada i komponente:

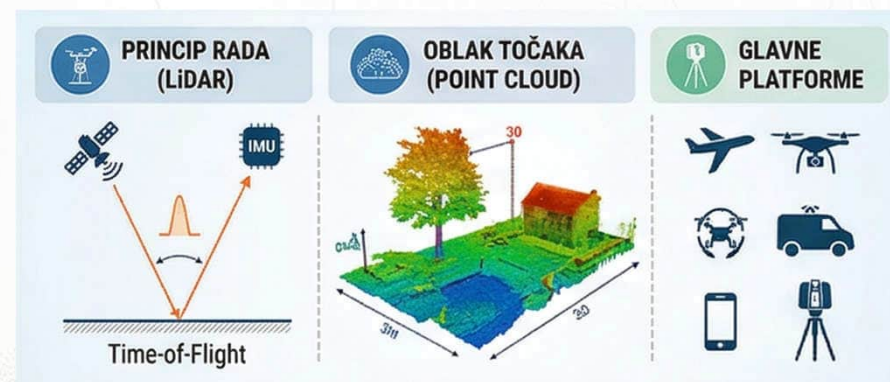
- Aktivni senzor (Light Detection and Ranging) koji emituje stotine hiljada laserskih impulsa u sekundi i mjeri vrijeme njihovog povratka do senzora.
- Sastoji se od laserskog skenera, visoko-preciznog GNSS prijemnika i Inercijalne mjerne jedinice (IMU) za precizno određivanje pozicije i orijentacije.

- Ključna prednost i produkti:

- Prodor kroz vegetaciju.
- Gusti i klasifikovani Oblak tačaka (Point Cloud)
- Generisanje najpreciznijeg Digitalni Model Terena (DTM) i Digitalni Model Površina (DSM).

- Primjena:

- Generisanje "As-Built" dokumentacije,
- Projektovanje i inventarizacija saobraćajne infrastrukture (putevi, željeznice, dalekovodi).
- Šumarstvo (inventarizacija biomase), hidrologija (modeliranje poplava) i geologija (praćenje klizišta).

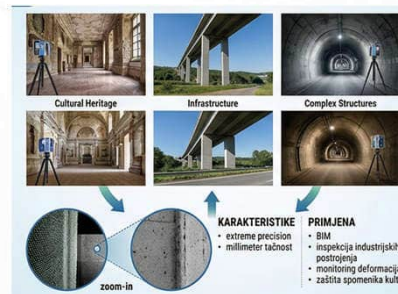


Lasersko skeniranje



- Platforme i tačnosti:

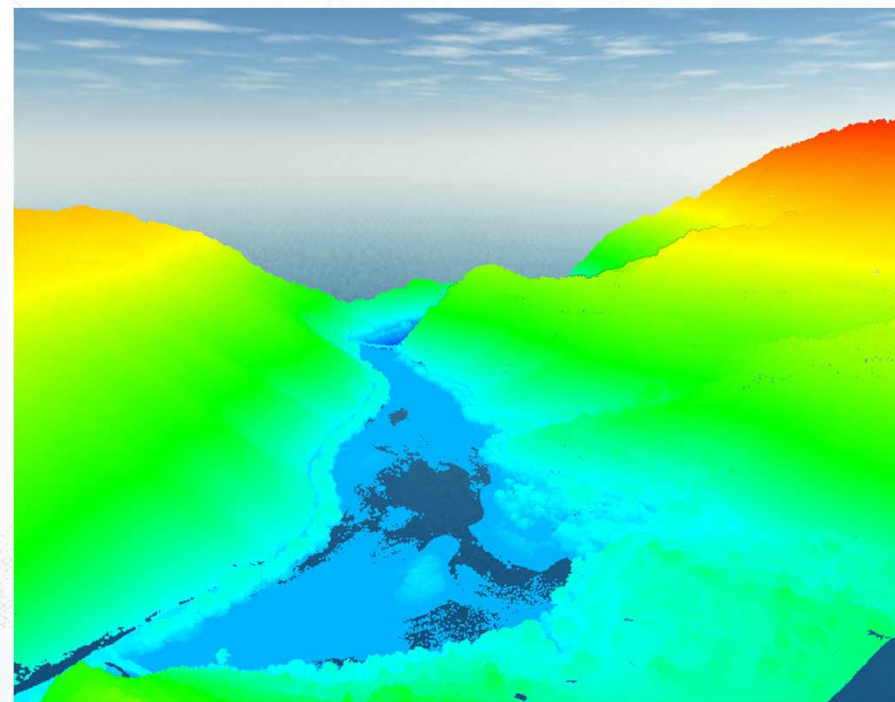
- **Terestričko (TLS):** Stacionarno snimanje sa stativa. Milimetarska tačnost (1-5 mm).
- **Mobilno (MLS):** Sistem montiran na vozila (Mobile Mapping). Brza inventarizacija koridora, tačnost 1-3 cm.
- **UAV (ULS - Dronovi):** Fleksibilno snimanje manjih i nepristupačnih područja. Tačnost 2-5 cm.
- **Avionsko (ALS):** Masovno prikupljanje podataka na nivou države/regije. Tačnost 5-15 cm.



Lasersko skeniranje



- **Projekt:** LIDAR snimanje i izrada DEM FBiH 2024. (FGU)
- **Područje obuhvata i rezolucija:**
 - Cjelokupna teritorija FBiH
 - Urbane zone gustoća 10 pts/m². Ruralne zone gustoća 5 pts/m².
- **Senzor i oprema:**
 - Korišteni laserski skeneri: Riegl VQ 780-II sa žiro stabilizacijom (Somag GSM-4000) i preciznim GNSS/INS.
 - Letjelica avion Cessna C402B.
- **Geodetska osnova i tačnost:**
 - Mjerene orijentacione i kontrolne tačke i kontrolni profili.
 - **Visinska tačnost (Z):** apsolutno odstupanje (shift) ≤ 0.10 m.
 - **Položajna tačnost (XY):** Apsolutno odstupanje ≤ 0.30 m.
- **Finalni proizvodi:**
 - Klasifikovani oblak tačaka u LAZ formatu
 - Digitalni model terena (DTM) i Digitalni model površina (DSM) u GeoTIFF formatu sa rezolucijom grida od 1x1 metar.
 - Isporuka u dva koordinatna sistema: ETRS89 i lokalni referentni sistem (EPSG:31275/6/7).



S4

ako imas pristup globalmapper projektu, samo bih ukljucio shader da se jasnije vidi teren

SENAD; 20.4.2026.

Lasersko skeniranje



- **Projekt:** Snimanje magistralnih cesta 2025 (Ceste FBiH)

- **Senzor i oprema:**

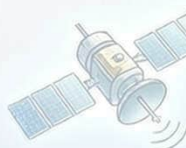
- Korišten je sistem DJI Matrice Zenmuse L2,
- Mobile mapping,
- Terestrički laserski skeneri: Trimble TX8, Trimble X7, Faro Focus S130, Riegl VZ-4001

- **Geodetska osnova i tačnost:**

- Obilježeno je i mjereno ukupno 2100 tačaka na terenu (orijentacionih i kontrolnih).
- Ostvarena tačnost u granicama ≤ 3 cm za položaj (XY) i ≤ 3 cm za visinu (Z).
- Mjereni kontrolni profili i površine svakih 500 m.

- **Finalni proizvodi:**

- Klasifikovani RGB oblak tačaka vrlo visoke gustoće
- Isporuka je izvršena prema podjeli na listove detalja razmjere 1:2500.



Neum, 25.04.2026.

1. DANI GEODETA FEDERACIJE BIH

19

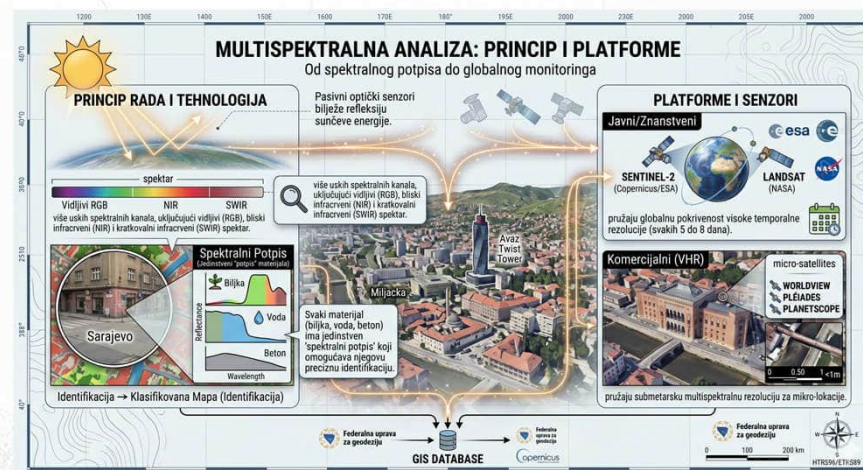
Multispektralni satelitski snimci

• Princip rada i tehnologija:

- Korištenje pasivnih optičkih senzora koji bilježe refleksiju sunčeve energije u više uskih spektralnih kanala, uključujući vidljivi (RGB), bliski infracrveni (NIR) i kratkovalni infracrveni (SWIR) spektar.
- Svaki materijal ima jedinstven "spektralni potpis" koji omogućava njegovu preciznu identifikaciju.

• Platforme i senzori:

- Javni/Naučni: Copernicus Sentinel-2 (ESA) i Landsat (NASA) – pružaju globalnu pokrivenost visoke temporalne rezolucije (svakih 5 do 8 dana).
- Komercijalni (VHR): WorldView, Pléiades, PlanetScope – pružaju submetarsku multispektralnu rezoluciju za mikro-lokacije.



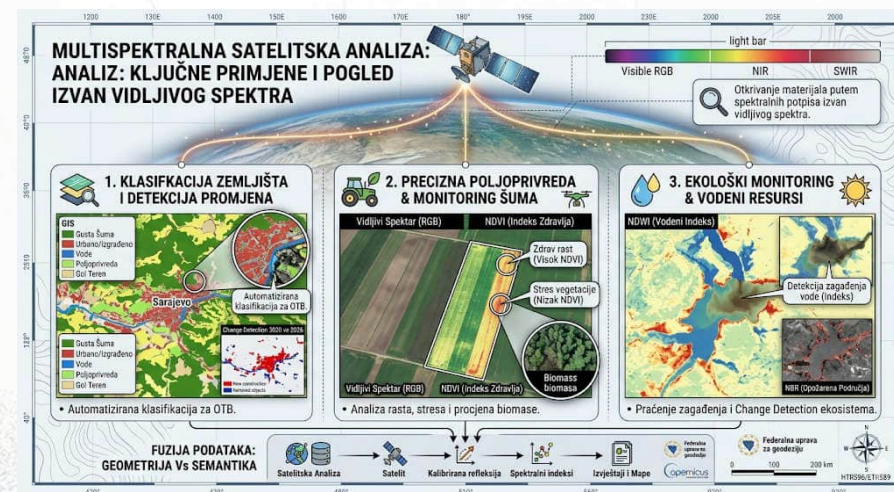
Multispektralni satelitski snimci

- **Tačnost i rezolucija:**

- Prostorna rezolucija varira od 30 cm (komercijalni) do 10-30 metara (Sentinel/Landsat).
- Ključna prednost ovih sistema – omogućava pouzdano praćenje iste lokacije kroz vrijeme pod različitim uslovima osvjetljenja.

- **Ključne primjene:**

- Automatizirana klasifikacija zemljišnog pokrova i načina korištenja zemljišta.
- Precizna poljoprivreda (monitoring rasta usjeva i stresa), inventarizacija šuma i procjena biomase.
- Ekološki monitoring, praćenje zagađenja voda i detekcija promjena u prostoru (Change Detection).



InSAR

- **Princip rada i tehnologija:**

- Aktivni senzor, emituje vlastite mikrovalne impulse i mjeri povratni signal (backscatter).
- All-Weather & 24/7: Djeluje potpuno neovisno o sunčevoj svjetlosti (snima noću) i prodire kroz oblake, maglu i kišu.
- Synthetic Aperture: Koristi kretanje satelita za matematičko simuliranje ogromne antene, čime se postiže visoka prostorna rezolucija.

- **Senzori i valna područja:**

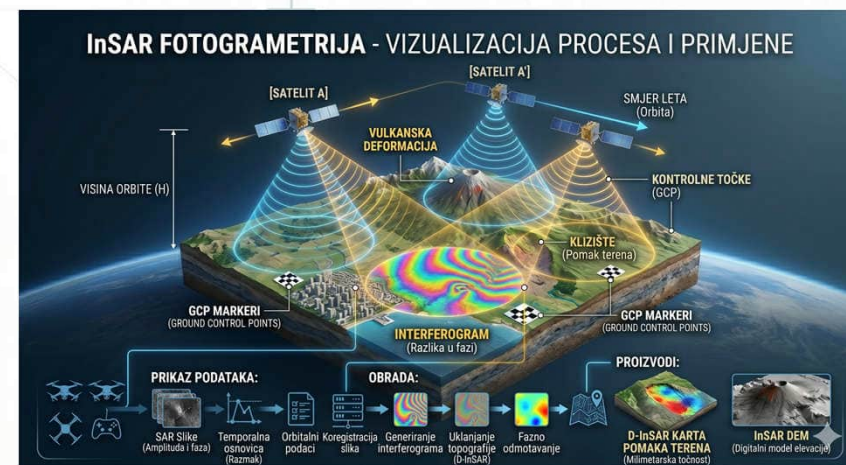
- Komponente uključuju radarski transmiter/prijemnik i precizni GNSS za pozicioniranje.
- Valna dužina diktira prodiranje: X-band (visoka rezolucija, odbija se od krošnji/zgrada), C-band (balansirano), L-band (duboko prodiranje kroz vegetaciju do tla).

- **Platforme:**

- Javne/Naučne: Sentinel-1 (ESA, C-band) – kontinuiran globalni monitoring.
- Komercijalne (VHR): TerraSAR-X, ICEYE, Capella Space – visoka i submetarska rezolucija na zahtjev.

Neum, 25.04.2026.

1. DANI GEODETA FEDERACIJE BIH



InSAR

- **Produkti mjerenja i obrada:**

- Slike amplitude (intenzitet) i faze.
- Poređenje faze iz više snimaka za detekciju promjena udaljenosti između satelita i tla (InSAR).
- Napredne metode poput PSInSAR (Persistent Scatterer Interferometry) omogućavaju mjerenje deformacija objekata i tla sa milimetarskom preciznošću (1-5 mm/godišnje) iz svemira.

- **Ključne primjene:**

- Praćenje slijeganja tla i monitoring stabilnosti klizišta.
- Monitoring kritične infrastrukture (brane, mostovi, visoke zgrade, rudnici).
- Kartiranje poplava (voda se na radaru vidi kao crna/glata površina),
- Izrada globalnih visinskih modela (DEM).

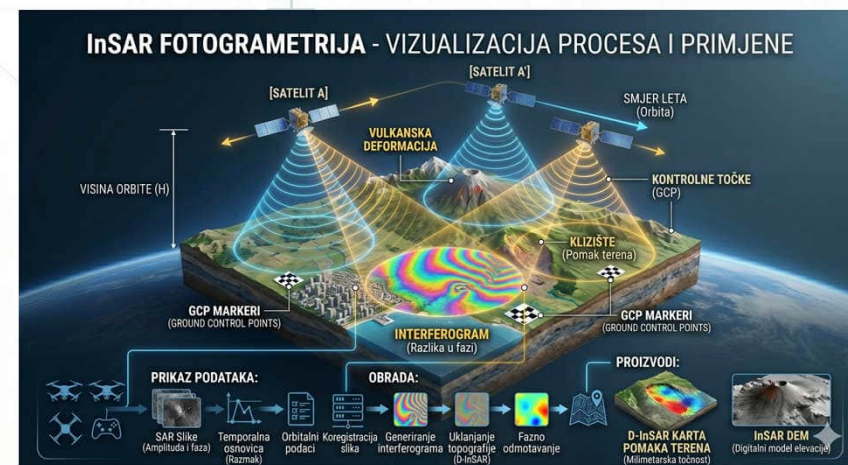
- **Softveri za obradu:**

- **Open-source:** ESA SNAP (Sentinel Application Platform).
- **Komercijalni stručni softveri:** SARPROZ, ENVI SARscape, GAMMA.



Neum, 25.04.2026.

1. DANI GEODETA FEDERACIJE BIH



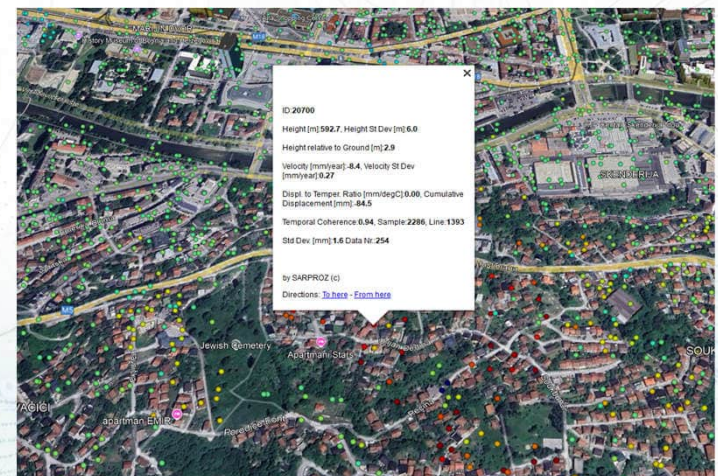
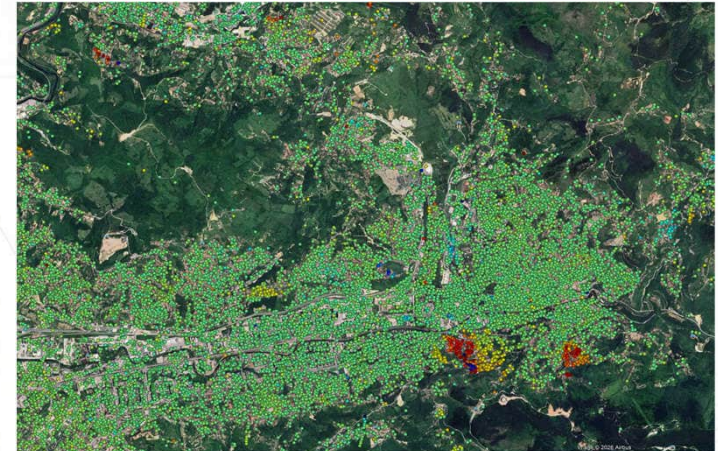
InSAR

- **Projekt:** Studija stabilnosti KS. (**ZZRKS**)
- **Snimci i softveri:**
 - Korišteno preko 500 Sentinel 1 snimaka od 2009.-2025. godine.
 - Korišteni SARPROZ i StaMPS softveri.
- **Geodetska osnova, kontrola kvaliteta i tačnost:**
 - Vršena klasična geodetska mjerenja u svrhu kontrole,
 - Vršena pijezometarska mjerenja u svrhu kontrole,
 - Dobijeni rezultati poređenja potvrđuju apsolutnu podudarnost metoda.
- **Finalni proizvodi:**
 - Karta tačaka sa jasnim prikazom brzina pomaka,
 - Vremenski dijagrami koje je moguće povezati sa događajima (padavine, suše, potresi)



Neum, 25.04.2026.

1. DANI GEODETA FEDERACIJE BIH



24

Zaključak



- **1. Sinergija tehnologija je ključ uspjeha**

- Nijedan senzor nije univerzalan.
- Pravu vrijednost dobivamo tek **integracijom**: satelitski SAR za monitoring, zračni LiDAR za topografiju i Mobile Mapping za infrastrukturu.

- **2. Drastično povećanje efikasnosti**

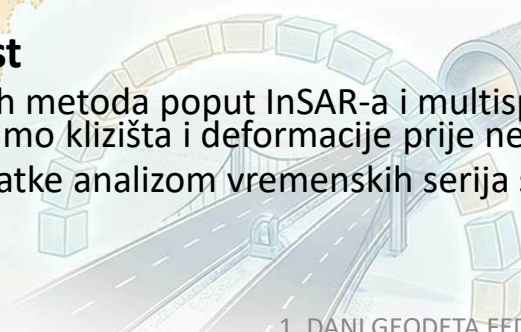
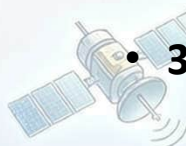
- Modernizacijom workflow-a (iz 1:4 u 1:1 odnos terena i ureda),
- Smanjujemo operativne troškove,
- Eliminiramo potrebu za ponovnim izlascima na teren.

- **3. Digitalni blizanac (Digital Twin) kao standard**

- Geodezija više ne isporučuje samo analogne planove,
- Sada su produkti precizni digitalni modeli koji su osnova za projektovanje, BIM, GIS i pametno upravljanje infrastrukturom.

- **4. Prevencija i sigurnost**

- Korištenjem naprednih metoda poput InSAR-a i multispektralne analize, prelazimo s reaktivnog na **proaktivno djelovanje** – detektiramo klizišta i deformacije prije nego što postanu katastrofalne.
- Uvid u historijske podatke analizom vremenskih serija satelitskih podataka.





- Vaša pitanja...

HVALA NA PAŽNJI!!!



Neum, 25.04.2026.

1. DANI GEODETA FEDERACIJE BIH

26