

# SATELITSKA GEODEZIJA

---

- Satelitska geodezija obsega postopke opazovanj in obdelavo teh opazovanj do in med umetnimi zemljini sateliti za potrebe reševanja osnovnih nalog geodezije.
- Naloge:
  - določitev parametrov in orientacije Zemljinega telesa (parametri splošnega Zemljinega eliposoida);
  - določitev globalnih, regionalnih in lokalnih tridimenzionalnih geodetskih mrež;
  - določitev parametrov Zemljinega težnostnega polja in njegovih linearnih funkcionalov (npr. koeficienti razvoja gravitacijskega potenciala v vrsto po sfernih funkcijah, globalni geoid);
  - določitev in izrednotenje geodinamičnih pojavov kot so na primer: parametri rotacije Zemlje, premiki tektonskih plošč.
  - določitev natančnih tirnic gibanja umetnih Zemljinih satelitov, ne gleda na to ali gre za navigacijske ali druge vrste satelitov.

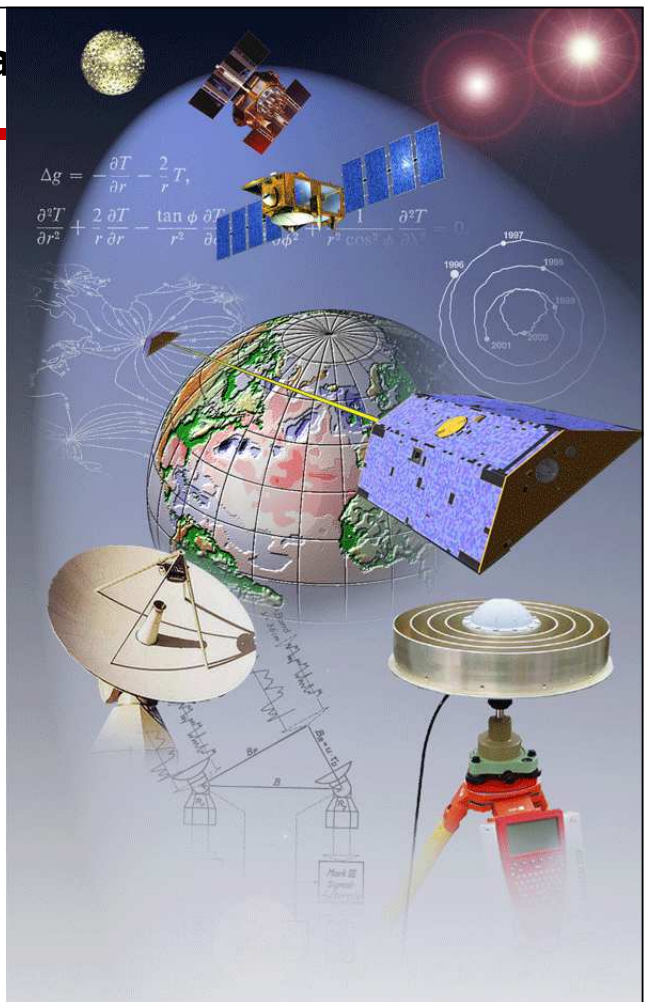
## Satelitska geodezija – danes

---

- Geodetska izmera (vzpostavitev državne geodetske osnove, izboljšanje in zgostitev obstoječih državnih geodetskih mrež, vzpostavitev geodetskih mrež za posebne namene, ...)
- Detajlna izmera (katastrska, topografska izmera, geodetska izmera za potrebe gozdarstva, kmetijstva, arheologije, kartografije,...).
- Geodetska izmera za potrebe drugih strok: gozdarstvo, kmetijstvo, arheologija, kartografija, geofizika, ....
- Raziskave v geodinamiki (geodetske geodinamične mreže, spremljanje premikov in deformacij, zemeljske skorje, plimovanje trdne Zemlje, premikanje polov, spremljanje vrtenja Zemlje)
- Navigacija in pomorska geodezija (navigacija na kopnem, morju v zraku in vesolju, natančno določanje položaj za pomorsko kartografijo, hidrografijo, oceanografijo,...

# Globalna (vesoljska) geodezija

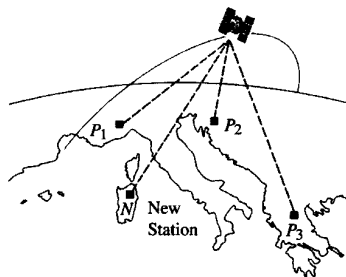
- Metode in tehnike:
  - klasična satelitska geodezija (umetni Zemljini sateliti).
  - Lasersko merjenje dolžin LLR, SLR.
  - GPS, Glonass, DORIS, GNSS.
  - VLBI, VLA.
- Zaradi uporabe celotnega vesolja za opazovanja in rezultatov, ki se nanašajo na Zemljo kot celoto, govorimo o "globalni" (vesoljski) geodeziji oz. "Space Geodesy", "Géodésie Spatiale", ali "Geodätische Raumverfahren".



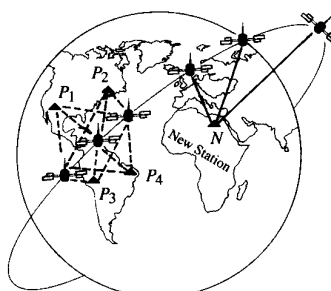
Satelitska geodezija in navigacija - M. Kuhar

## Koncepti satelitske geodezije

- Satelite lahko obravnavamo kot:
  - "vidne" visokoleteče cilje → geometrijske metode satelitske geodezije.



- Kot čutila v težnostnem polju Zemlje → dinamične metode satelitske geodezije.



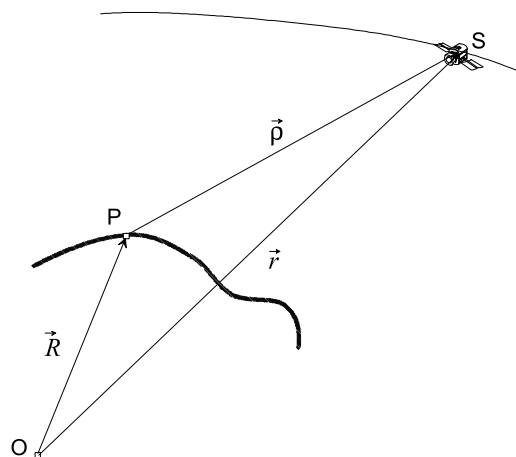
Satelitska geodezija in navigacija - M. Kuhar

## Delitev metod SG glede na kraj meritev

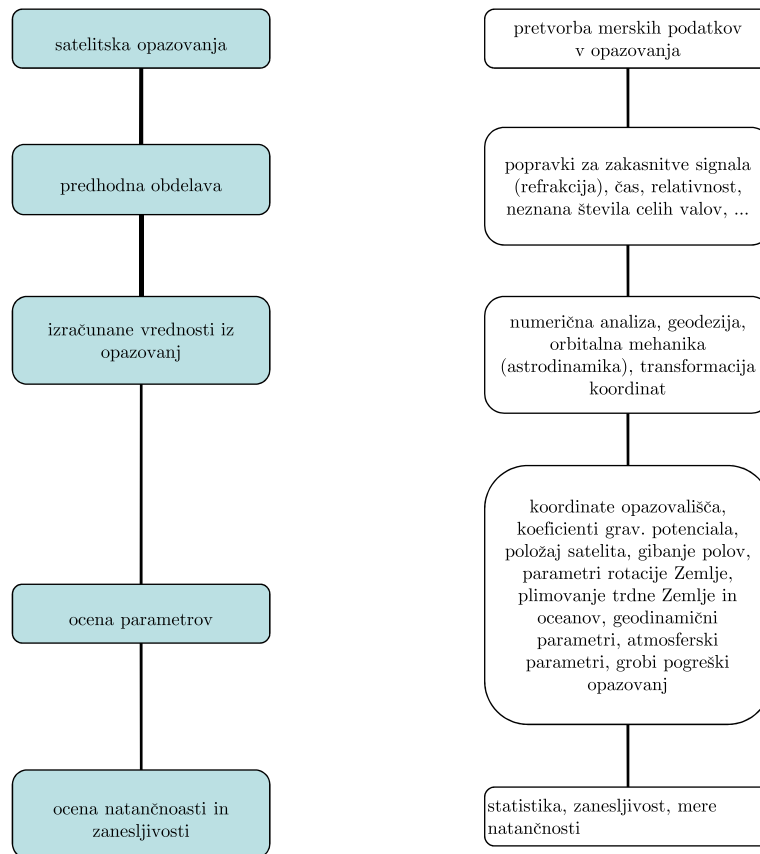
- Metode satelitske geodezije lahko razdelimo tudi glede na kraj opravljenih opazovanj. Tako ločimo:
  1. Zemeljske ("Earth to Space") metode:
    - fotografsko določanje smeri do satelitov,
    - lasersko merjenje dolžin (LLR, SLR),
    - Dopplerska opazovanja (TRANSIT),
    - Navigacijski sateliti (GPS, GLONASS).
  2. Vesoljsko podprte metode ("Space to Earth"):
    - satelitska altimetrija,
    - lasersko merjenje s satelitov,
  3. Čiste vesoljske metode ("Space to Space"):
    - "Satellite to satellite tracking",
    - satelitska gradiometrija.

## Osnovna enačba satelitske geodezije

$$\vec{r}(t) = \vec{R}(t) + \vec{\rho}(t)$$



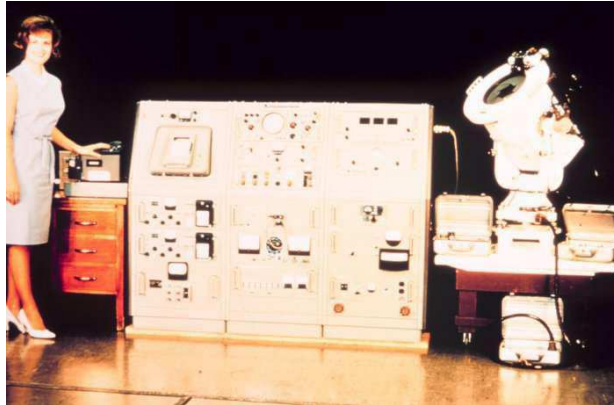
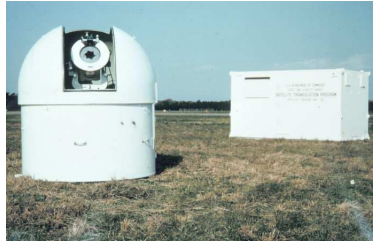
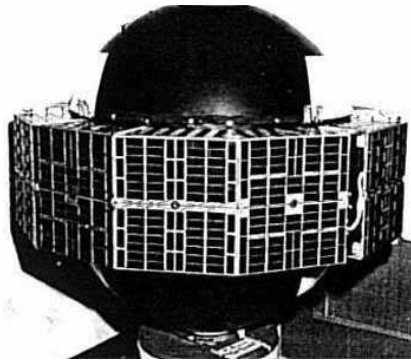
- Za rešitev enačbe je potrebno vzpostaviti povezavo med opazovanji, podanim z vektorjem  $\rho$  ter znanimi in neznanimi parametri ki jih vsebujeta vektorja  $R$  (parametri, ki podajajo položaj opazovališča) in  $r$  (parametri, ki opisujejo položaj satelita).



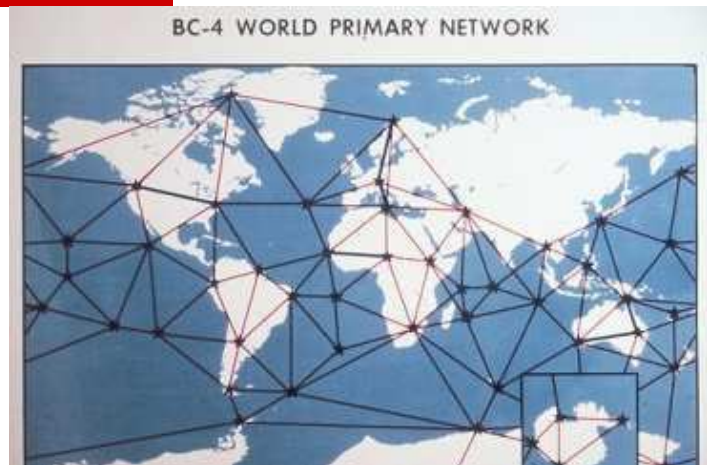
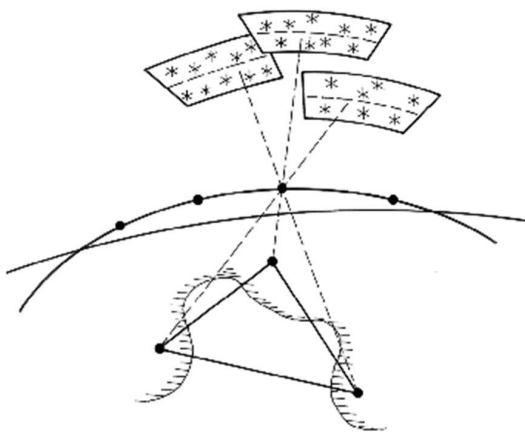
## Zgodovinski pregled

- Razvoj satelitske geodezije je vezan za opazovanje Lune z namenom določitve velikosti Zemlje. J.A. Euler je leta 1768 pokazal možnost uporabe opazovanj Lune za določitev parametrov meridianske elipse. Pri tem je navedel vse slabosti, ki spremljajo opazovanja Lune:
  - Luna je preveč oddaljena od Zemlje,
  - ima preveliko maso ( $m_{\text{L}} = 1/81_{\oplus}$ ),
  - prepočasi se giblje,
  - Luna ni točkasto telo, ima faze (mene),
  - presvetla je.

# Optična era



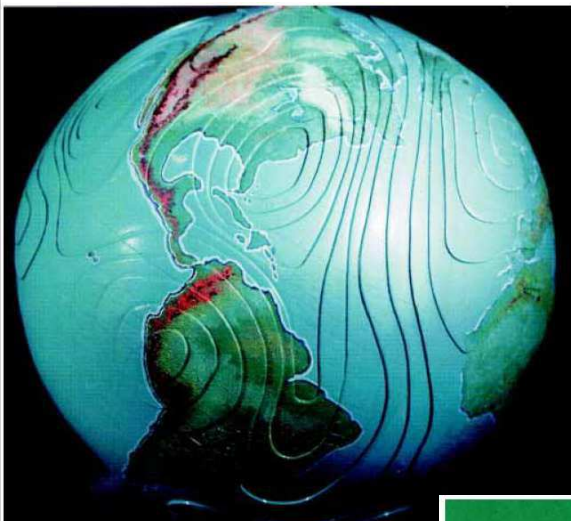
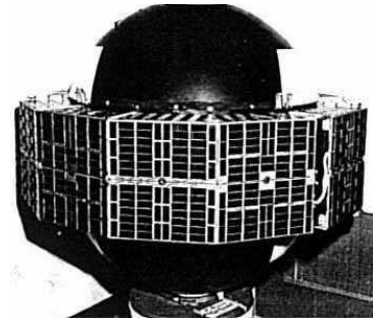
# Princip zvezdne triangulacije



## Zgodovinski pregled (2)

---

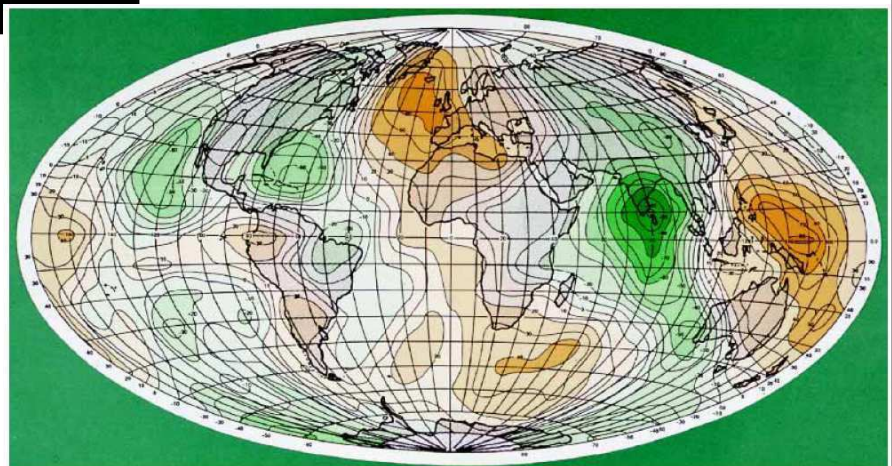
- Pravi začetek satelitske geodezije: izstrelitev prvega umetnega Zemljinega satelita Sputnik 1, 4.X. 1957.
- Sledil je Sputnik 2 3.IX. 1957, ter Američani s svojim prvim satelitom Explorer 1, 31.I. 1958.
- Prvi rezultati:
  - 1958 leta so bili javnosti predstavljeni prvi rezultati opazovanj gibanja prvih umetnih Zemljinih satelitov: določitev sploščenosti Zemljinega elipsoida → 1 : 298,3.
  - 1959 določitev oblike Zemlje;
  - 1962, prvi pravi geodetski satelit ANNA-1B ("Army, Navy, NASA, and Air Force (ANNA) series satellites").
- 1964 določitev točne vrednosti sploščenosti Zemlje, določitev generalne oblike geoida, povezava najpomembnejših geodetskih datumov (na stopnji točnosti 50m).



### Eden od prvih globalnih geoidov

---

APL 5.0-1967



# Zgodovina sat. navigacijskih sistemov

---

- ❑ Leta 1960 so ZDA izstrelile prvi navigacijski satelit iz sistema TRANSIT;
- ❑ že leta 1967 je omogočena tudi uporaba sistema za civilne namene.
- ❑ Leta 1978 je izstreljen prvi GPS-satelit;
- ❑ leta 1983 je sistem NAVSTAR/GPS postal odprt za civilno uporabo.
- ❑ Ruski Glonass postal odprt leta 1988.

# Doppler era

---

- ❑ TRANSIT sistem ZDA, TSIKADA sistem v Sovjetski zvezi.
- ❑ TRANSIT je omogočal absolutno določanje položaja z natančnostjo pribl. par metrov in relativno določanje položaja okoli 50 cm. Sateliti so leteli na višini 1100 km in so oddajali signal na frekvencah 400 MHz in 150 Mhz. Sprejemnik je omogočal sprejem signala z enega satelita ter je z opazovanjem signala na dveh frekvencah omogočal odpravo ionosferske refrakcije. Opazovanja razporejena na več dni so omogočala doseganje zgoraj omenjene natančnosti. Sistem so vedno tvorili 4 – 6 aktivnih satelitov.



## Začetki GPS-ja (1)



TI GPS sprejemnik, leto 1984

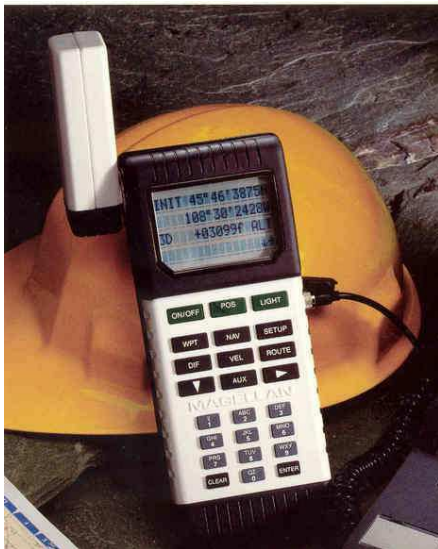


Macrometer V-1000, leto 1982



Wild WM 101, leto 1986

## Začetki GPS-ja (2)



Magellan NAV 1000, prvi ročni sprejemnik GPS iz leta 1988



Rockwell, nahrbtnni vojaški GPS sprejemnik, 1988-1993



# Nove satelitske misije

---

- Altimetrija, težnostno polje Zemlje in drugi geofizikalni parametri.
- TOPEX-Poseidon, CHAMP, GRACE.

