



Студијски програми:

Шумарство, Пејзажна архитектура и

Еколошки инжењеринг у заштити земљишта и водених ресурса

4. МЕТОДЕ ПРИКУПЉАЊА ГЕОПРОСТОРНИХ ПОДАТАКА

Геодезија и ГИС

Предметни наставник:

в.проф. др Милева Самарџић-Петровић, дипл.инж.геод.

19.03.2024.

<https://www.freepik.com/free-photos-vectors/earth>

Београд, 2024.

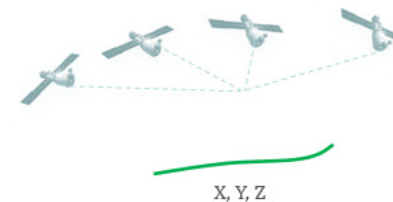
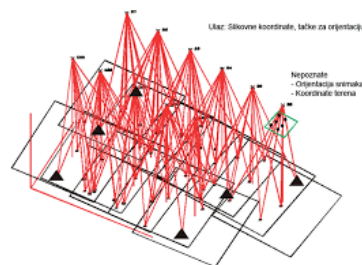
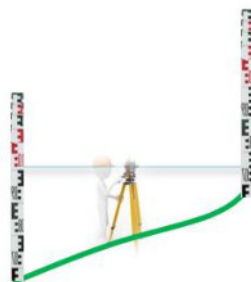
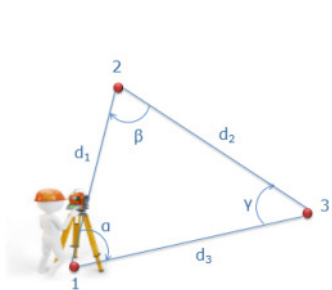
Сва ауторска права аутора презентације и/или видео снимака су заштићена. Снимак или презентација се могу користити само за наставу студента Шумарског факултета Универзитета у Београду у школској 2023/2024 и не могу се користити за друге сврхе без писмене сагласности аутора материјала.

ВЕЛИЧИНЕ КОЈЕ СЕ МЕРЕ У ГЕОДЕЗИЈИ



У геодезији најчешће се мере следеће физичке величине:

- Угловне величине – Хоризонтални и вертикални углови
- Линеарне величине - Дужине и висинске разлике
- Координате



<https://portal.sinteza.singidunum.ac.rs/Media/files/2014/821-825.pdf>

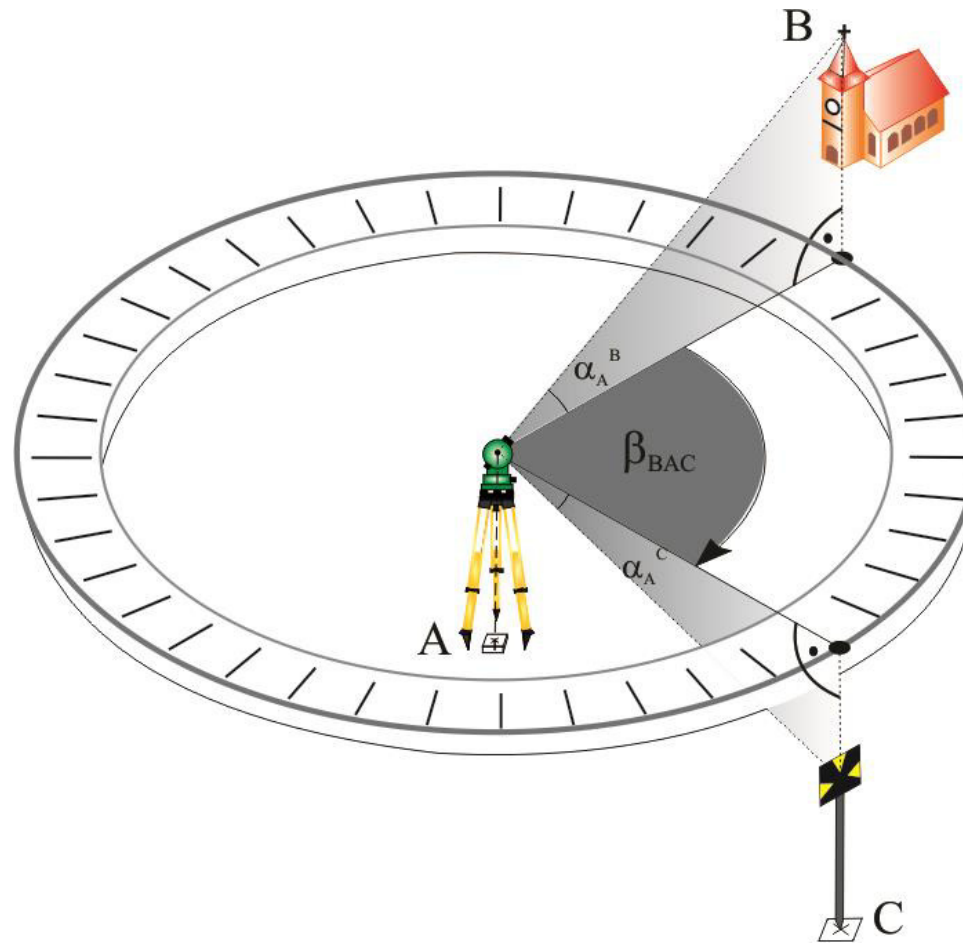


РАЗЛИЧИТЕ МЕТОДЕ МЕРЕЊА



МЕРЕЊЕ УГЛОВНИХ ВЕЛИЧИНА

Принцип мерења угловних величина



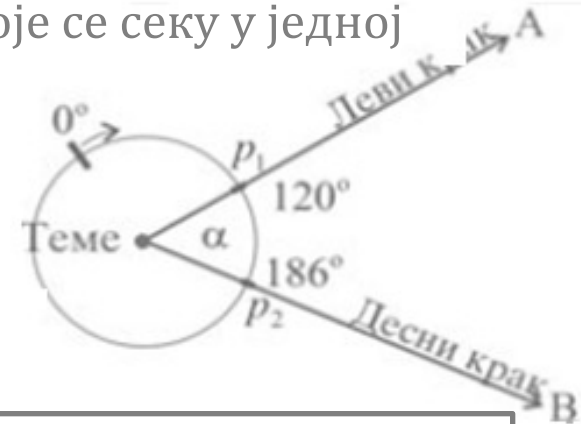
МЕРЕЊЕ УГЛОВНИХ ВЕЛИЧИНА



Угао је део равни ограничен двема полуправама које се секу у једној тачки.

Основни елементи угла, су :

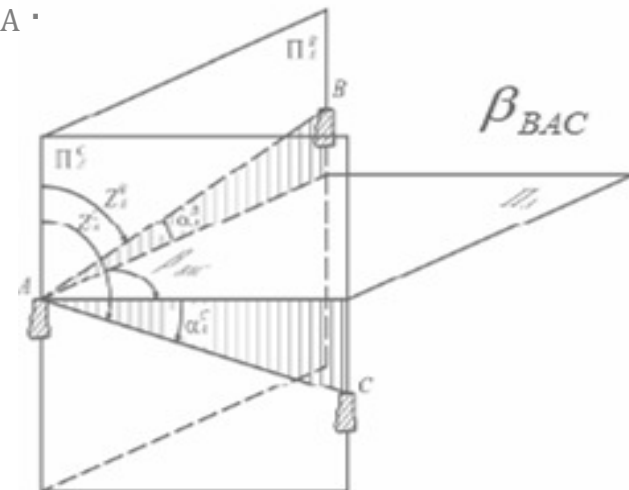
- теме угла,
- краци угла или полуправе и
- област угла (део равни између полуправих).



$$\alpha = p_2 - p_1 = 186^\circ - 120^\circ = 66^\circ$$

Хоризонтални угао је угао у хоризонталној равни Π_A , која садржи тачку А. Теме угла је у тачки А, краци су дефинисани ортогоналним пројекцијама просторних праваца АВ и АС на хоризонталну раван Π_A .

*У геодезији се најчешће мере хоризонтални правци док се углови добијају из разлике тих праваца. Па за угао α на слици важи:



МЕРЕЊЕ УГЛОВНИХ ВЕЛИЧИНА



Вертикални угао је угао у вертикалној равни.

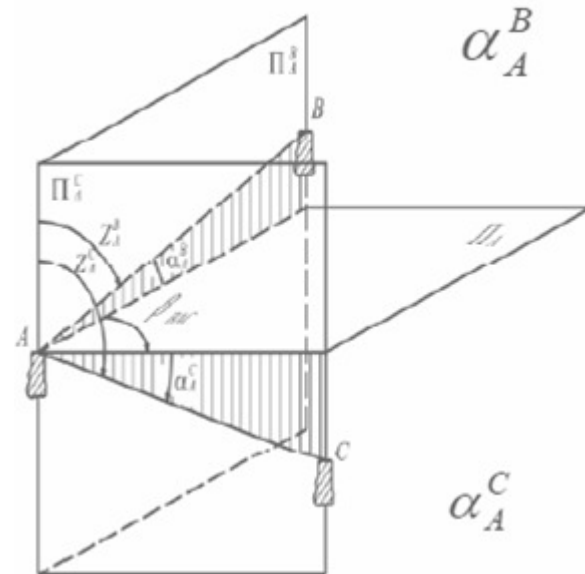
Дели се на:

- висински угао (елевациони и депресиони) и
- зенитни уго.

Висински угао α је угао у вертикалној равни између правца одређене визурне тачке и хоризонталне равни.

Уколико је визурна тачка изнад хоризонта, вертикални угао је позитиван и може имати вредности од 0^0 до 90^0 и назива се **елевационим углом**.

Ако је визурна тачка испод хоризонта вредност угла се креће од 0^0 до -90^0 и у питању је **депресиони угао**.



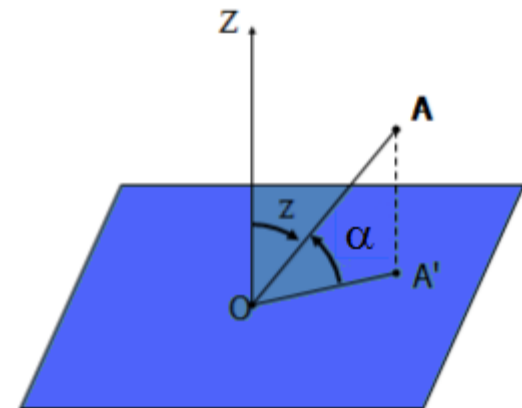
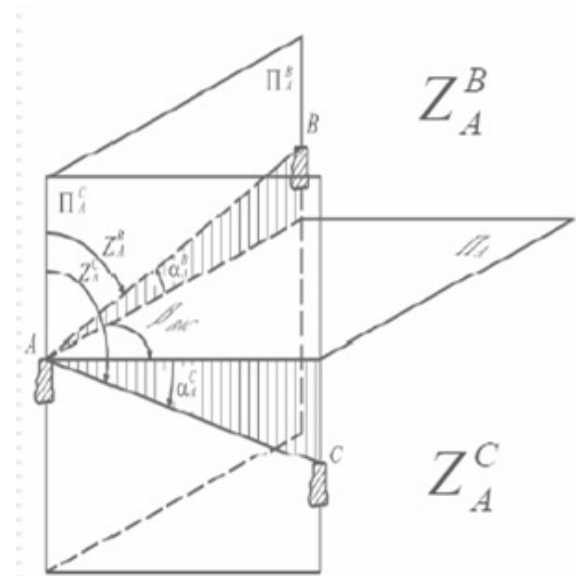
МЕРЕЊЕ УГЛОВНИХ ВЕЛИЧИНА



Зенитно одстојање (Z) је вредност угла која се добија ротацијом правца вертикале од правца зенита до правца одређене визурне тачке у смеру кретања казаљке на часовнику.

Зенитно одстојање може имати вредности од 0^0 до 180^0 (не постоје негативне вредности).

Однос између висинскг угла и зенитног угла:



$$\alpha + Z = 90^\circ$$



Теодолит - основни инструмент за мерење углава

Постоје теодолити различитих конструкција и деле се на:

- механичке теодолите
- оптичке теодолите и
- електронске теодолите.

		
Механички теодолит	Оптички теодолит	Електронски теодолит




*Поред углава теодолитом се могу мерити и дужине (оптичко мерење дужина).

МЕРЕЊЕ УГЛОВНИХ ВЕЛИЧИНА - ИНСТРУМЕНТИ



Пратећи прибор и опрема су:

- стативи (служе за постављање теодолита и сигнала)
- маркице - призме (служе за сигнаписање тачака које дефинишу углове)
- штапови (служе за постављање призме)

		
Статив	Призма са маркицом	Штап за призму

МЕРЕЊЕ ЛИНЕАРНИХ ВЕЛИЧИНА - ДУЖИНЕ



Дужине се могу мерити:

- **Директно** (непосредно мерном траком или пантљиком или посредно применом одговарајућих инструмената и прибора)
- **Индијектно** (одређивање дужина на основу индијектних мерења и применом одговарајућих математичких релација)

С обзиром на технику самог мерења дужине се могу мерити:

- механички
- оптички
- електрооптички

МЕРЕЊЕ ЛИНЕАРНИХ ВЕЛИЧИНА - ДУЖИНЕ



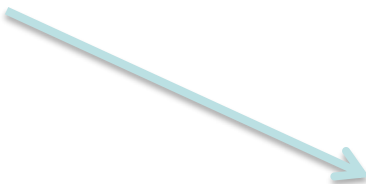
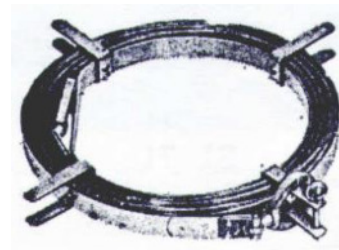
Механичко мерење дужина -
најстарији начин мерења дужина



мерење дужина непосредно помоћу **пантљике** или **мерне траке** која се директно полаже по терену између две тачке

Пантљике могу бити:

- пољске или
- ручне



МЕРЕЊЕ ЛИНЕАРНИХ ВЕЛИЧИНА - ДУЖИНЕ



Пратећи прибор и опрема су:

- **трасирке** - црвено-бели штапови дужине 2 – 4 m с црвеним и белим пољима дужине 20 - 50 cm, служе за обележавање (сигналисање) тачака терена и за одређивање (трасирање) правца у простору
- **држачи за трасирке** (троношци) - служе да би трасирка самостално стајала у вертикалном положају у простору.
- **клинци бројачи** - метални клинови дужине 30 cm , служе за обележавање краја пантљике приликом мерења дужине.

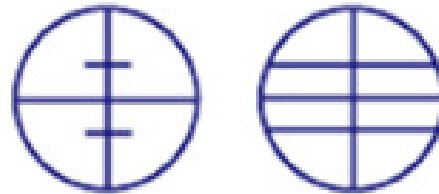
		
Трасирке	Држачи за трасирке	Клинци борјачи



Оптичко мерење дужина врши се оптичким даљиномерима.

Овај начин мерења је омогућен на основу посебног уређаја који је смештен у дурбину теодолита и нивелира.

Рајхенбахов даљиномер



Изглед кончанице дурбина

Тачност одређивања дужина на овај начин је дециметарска и користи се за радове мање прецизности и за мерење дужина до 250 m.

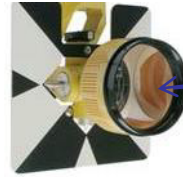
МЕРЕЊЕ ЛИНЕАРНИХ ВЕЛИЧИНА - ДУЖИНЕ



Електрооптичко мерење дужина обавља се на основу електромагнетних таласа.

Дужине меримо помоћу:

- електрооптичког даљиномера и
- рефлектора (призме).



Принцип оваквог мерења дужина заснива се на мерењу времена које је електромагнетном таласу потребно да пређе мерену дужину у оба смера.

Дужина се добија по формули:

$$D = (v \cdot t) / 2,$$

v – брзина електромагнетног таласа,

t – време потребно да електромагнетни талас пређе удаљеност од електрооптичког даљиномера до призме и натраг.

МЕРЕЊЕ ЛИНЕАРНИХ ВЕЛИЧИНА - ДУЖИНЕ



Предности електрооптичких даљиномера :

- Висока тачност мерења
- Могуће је мерити велика растојања (до неколико km)
- Брзо мерење (неколико секунди)
- Очитавање резултата на дисплеју

У новије време електрооптички даљиномери су саставни део савремених геодетских инструмената – *тоталних станица*.

Тоталне станице претстављају интегрисане инструменте у чији састав улази:

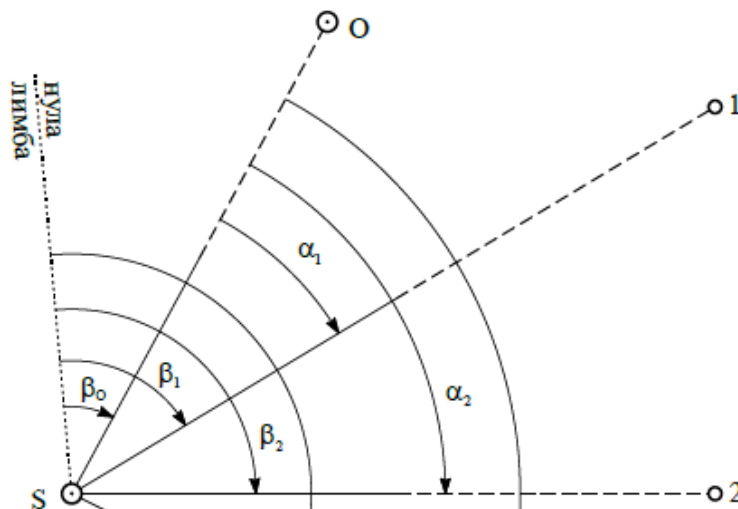
- теодолит,
- даљиномер и
- микропроцесор.



Тоталним станицама поред дужина мере се и хоризонтални и вертикални углови, а постоји могућност аутоматске обраде мерења, регистрације, преноса на рачунар итд.



Проста метода – I положај дурбина



$$\alpha_i = \beta_i - \beta_0$$

Гирусна метода - II положаја дурбина

Сваки права се мери у I и II положају дурбина.

Рачуна се двострука колимациони грешка

$$2C = (II \pm \pi) - I$$

$$\beta_i = \left\{ \frac{I + (II \pm \pi)}{2} \right\}_i + \left\{ \frac{I + (II \pm \pi)}{2} \right\}_1$$

МЕРЕЊЕ ВИСИНСКИХ РАЗЛИКА



Нивелман - одређивање вертикалних одстојања (висина) на терену и обрада тих података у бироу

Апсолутне или ортометријске висине - вертикална одстојања од нулте нивоске површи

Релативне висине - вертикална одстојања од друге произвољно изабране површине

*У геодезији се ретко мере висине, начешће се мере висинске разлике, а надморске висине се добијају рачунским путем.

Висинске разлике се могу одређивати различитим методама: геодетским и негеодетским.

Геодетске методе:

- Геометријски нивелман
- Тригонометријски нивелман
- ГНСС

Негеодетске методе:

- Хидростатичким нивелманом
- Барометријским нивелманом

МЕРЕЊЕ ВИСИНСКИХ РАЗЛИКА – ГЕОМЕТРИЈСКИ НИВЕЛМАН

Геометријски нивелман је одређивање висинских разлика на основу хоризонталне визуре.



Нивелир - основни инструмент за мерење висинских разлика.



Пратећи прибор и опрема су:

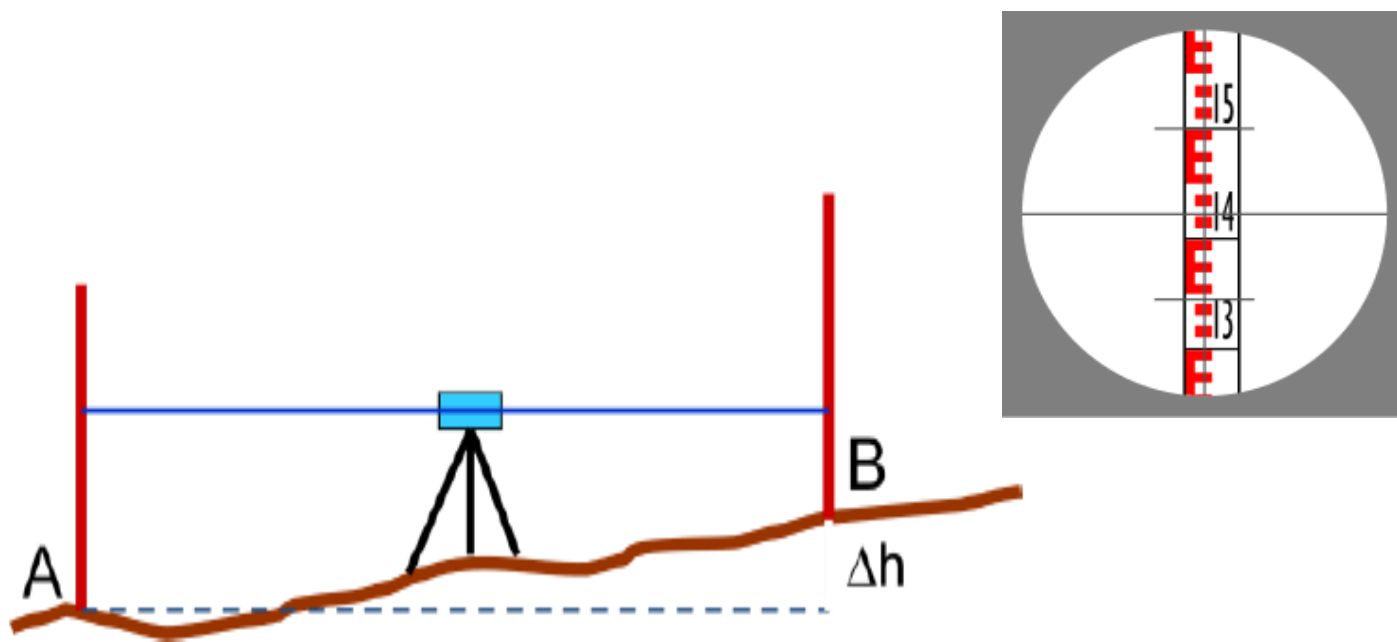
- статив
- нивелманске летве
- нивелманске папуче



МЕРЕЊЕ ВИСИНСКИХ РАЗЛИКА – ГЕОМЕТРИЈСКИ НИВЕЛМАН



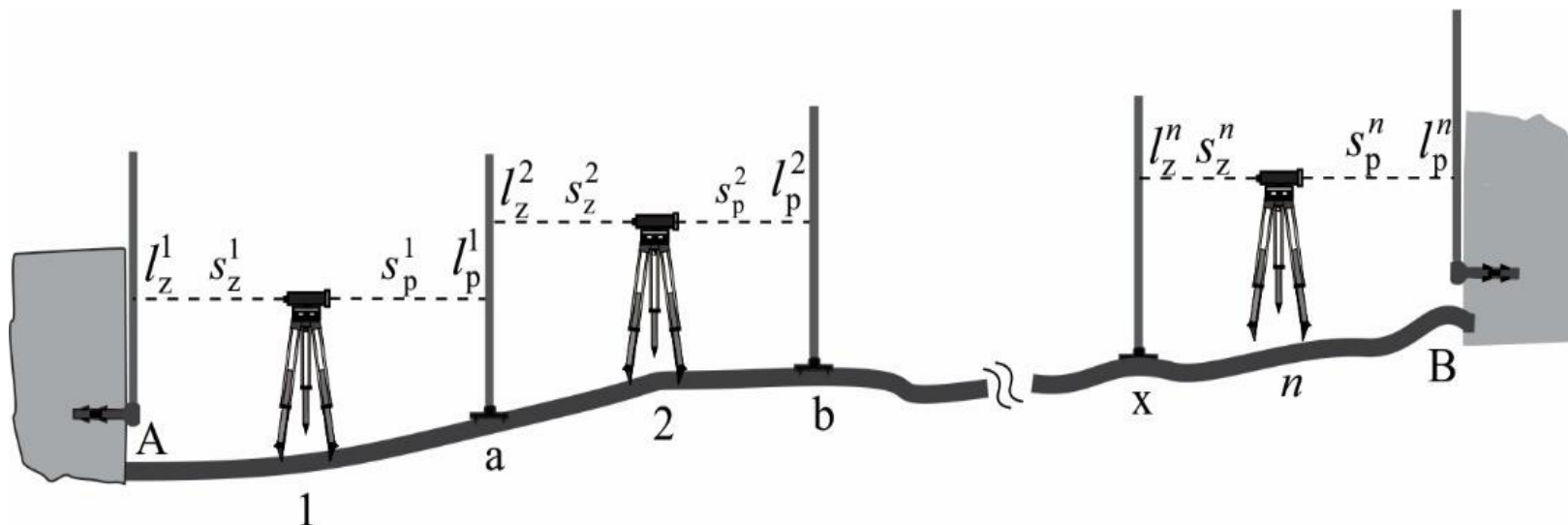
На тачке између којих се мери висинска разлика се постављају нивелманске летве. Између ових тачака се поставља нивелир на стативу. Висинска разлика се добија из разлике читања поделе на летвама.



МЕРЕЊЕ ВИСИНСКИХ РАЗЛИКА – ГЕОМЕТРИЈСКИ НИВЕЛМАН



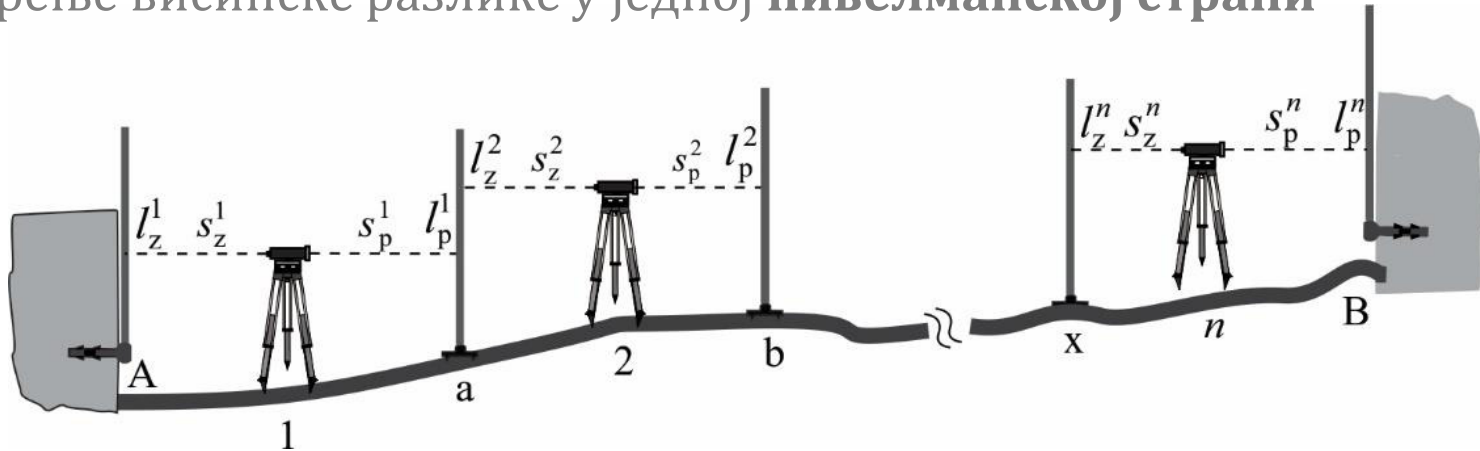
- Мерење висинске разлике у једној нивелманској страни
- нивелманска летва на реперу $\odot RA$ – “задња летва”,
- нивелманска летва на везној тачки “ а ” – “предња летва”,



МЕРЕЊЕ ВИСИНСКИХ РАЗЛИКА – ГЕОМЕТРИЈСКИ НИВЕЛМАН



– Мерење висинске разлике у једној нивелманској страни



• мерење на станици i :

○ читавање подела на “задњој” и “предњој” летви, l_z^i , l_p^i ,

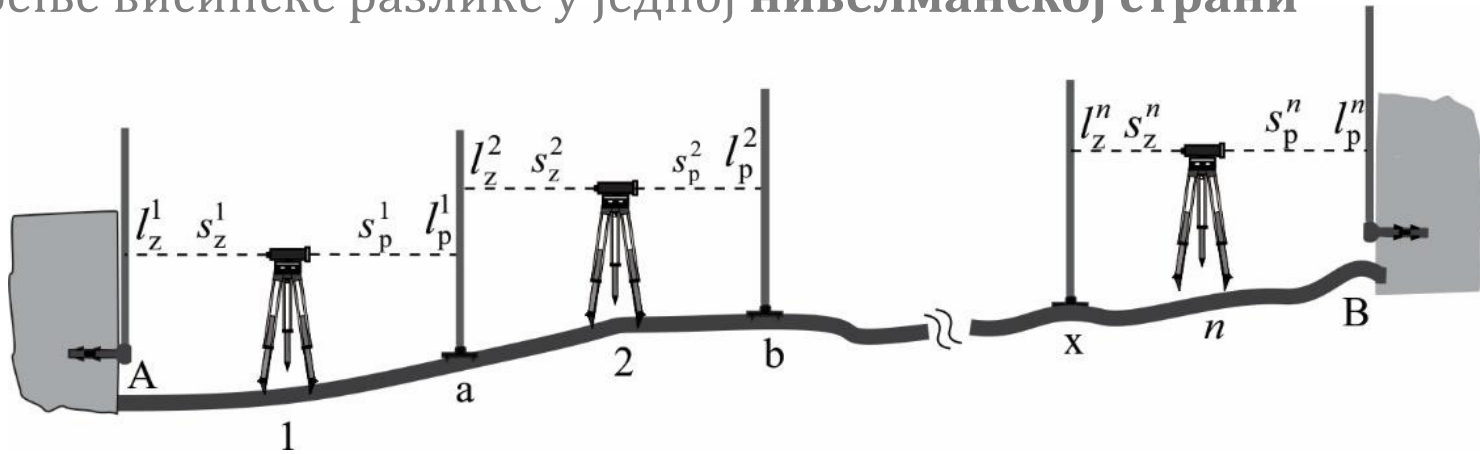
○ мерење приближних дужина визура до “задње” и “предње” летве, s_z^i, s_p^i – корацима или концима Рајхенбаховог даљиномера, $s_z^i - s_p^i$

○ дозвољена разлика дефинисана упутством за мерење (обично 3 m);

• висинска разлика на станици i : $h_i = l_z^i - l_p^i$



– Мерење висинске разлике у једној нивелманској страни



• висинска разлика разлика нивелманске стране:

$$\Delta h_A^B = \Delta h_j = \sum_{i=1}^{n_j} h_i$$

- h_i - висинске разлике на станицама,
- n_j - број станица у оквиру j – те нивелманске стране,

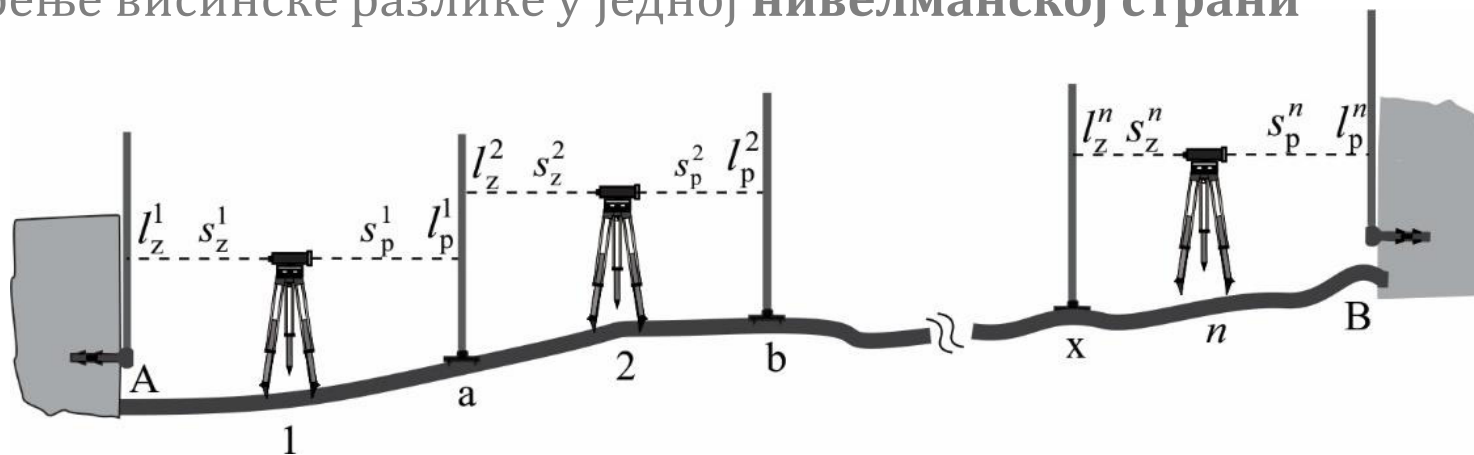
• дужина нивелманске стране

$$s_A^B = s_j = \sum_{i=1}^{n_j} s_z^i + \sum_{i=1}^{n_j} s_p^i$$

$$\sum_{i=1}^{n_j} s_z^i - \sum_{i=1}^{n_j} s_p^i \leq \Delta s \text{ - упутство за мерење.}$$



– Мерење висинске разлике у једној нивелманској страни



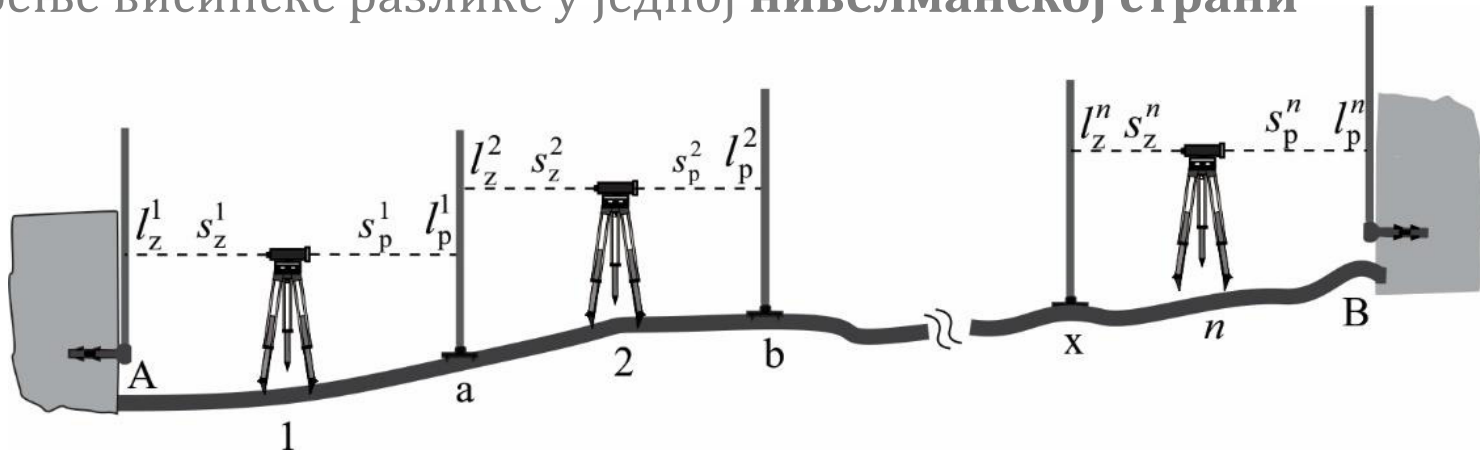
- варијанса (дисперзија) висинске разлике на станици

$$\sigma_{h_i}^2 = \sigma_{l_z^i}^2 + \sigma_{l_p^i}^2 = 2 \cdot \sigma_l^2 = \sigma_h^2$$

- σ_l^2 - варијанса читавања одсечка на летви,
- σ_h^2 - константно за исте инструменте, прибор и методу рада,



– Мерење висинске разлике у једној нивелманској страни



- варијанса (дисперзија) висинске разлике нивелманске стране,

$$\sigma_{\Delta h_A^B}^2 = \sigma_{\Delta h_j}^2 = \sum_{i=1}^{n_j} \sigma_{h_i}^2 = n_j \cdot \sigma_h^2 = k \cdot n_j$$

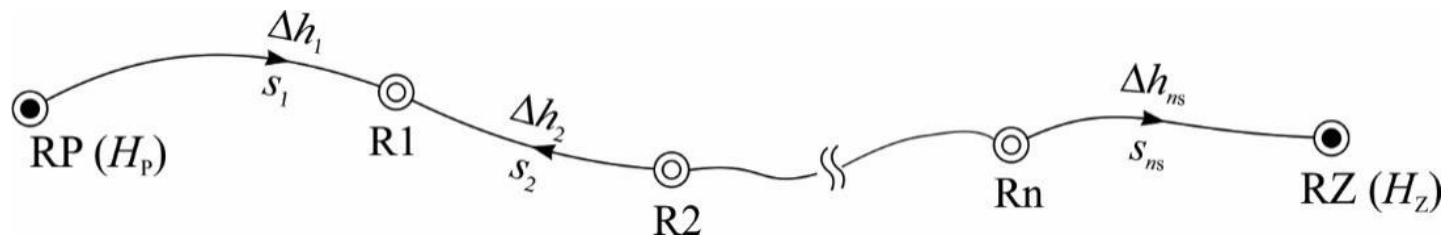
- $k = \sigma_h^2$ - константна варијанса мерења висинске разлике на станици,
- терен повољан за нивелање - раван или константне нагнутоци,

$s_v = s_z + s_p$  - приближно константне дужине визура

$n_j \approx s_j / s_v$ - приближан број станица



Рачунање висина



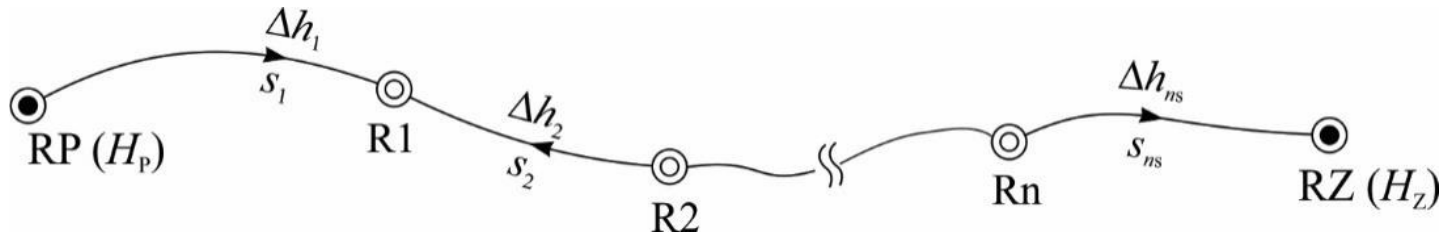
- \odot RP - почетни (дати) репер,
- \odot RZ - завршни (дати) репер,
- Δh_i - резултати мерења висинских разлика нивелманских страна;
- s_i - дужине нивелманских страна, обично у km.
- **Услов мерених висинских разлика** – висинско одступање:

$$f_h = T - M = (H_Z - H_P) - \sum_{i=1}^{n_s} \Delta h_i \leq \Delta_h$$

- n_s - број нивелманских страна у нивелманском влаку;
- Δ_h - дозвољено висинско одступање у уметнутом нивелманском влаку;



Рачунање висина



- Варијанса висинског одступања - применом закона о распрострањању коваријанси

$$\sigma_{f_h}^2 = \sum_{i=1}^{n_s} \sigma_{\Delta h_i}^2 \quad S = \sum_{i=1}^n s_i$$

А) Терен повољан за нивелање:

$$\Delta_h = 10 \text{ mm} \cdot \sqrt{S[\text{km}]}$$

- технички нивелман повећане тачности,

$$\Delta_h = 16 \text{ mm} \cdot \sqrt{S[\text{km}]}$$

- технички нивелман.

Б) Терен неповољан за нивелање:

$$\Delta_h = 15 \text{ mm} \cdot \sqrt{S[\text{km}]}$$

- технички нивелман повећане тачности,

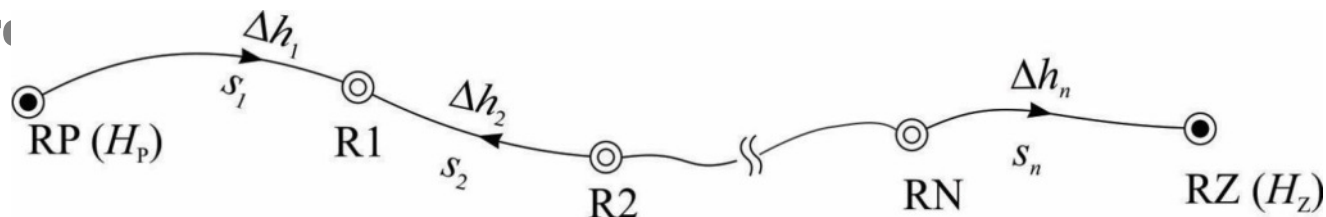
$$\Delta_h = 24 \text{ mm} \cdot \sqrt{S[\text{km}]}$$

- технички нивелман,



Рачунање висина

Изравнање резултата мерења и рачунање висина репера у уметнуту



– Поправке резултата мерења висинских разлика:

А) Терен повољан за нивелање:

$$v_{\Delta h_i} = \frac{f_H}{S} s_i$$

Б) Терен неповољан за нивелање:

$$v_{\Delta h_i} = \frac{f_H}{\sum_{i=1}^n n_i} n_i$$

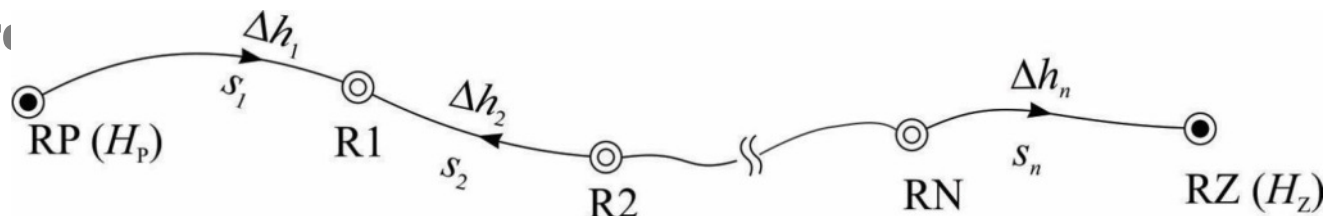
n_i

- број станица i – те нивелманске стране



Рачунање висина

Изравнање резултата мерења и рачунање висина репера у уметнуту



– Поправљене висинске разлике и висине репера:

$$\Delta h_i' = \Delta h_i + v_{\Delta h_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

n - број нивелманских страна у влаку,

– Контрола:

$$\sum_{i=1}^n \Delta h_i' = H_Z - H_P$$

– Висине репера:

$$H_i = H_{i-1} + \Delta h_i'$$

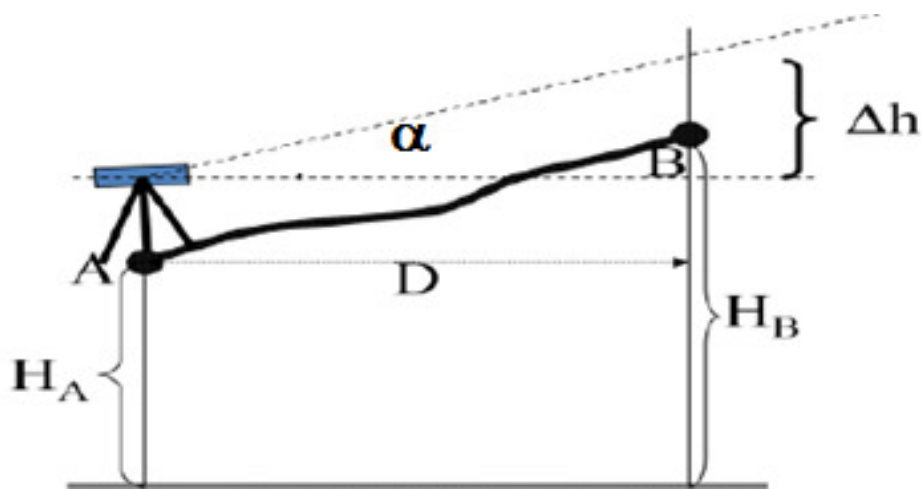
– Контрола:

$$H_Z = H_N + \Delta h_n'$$

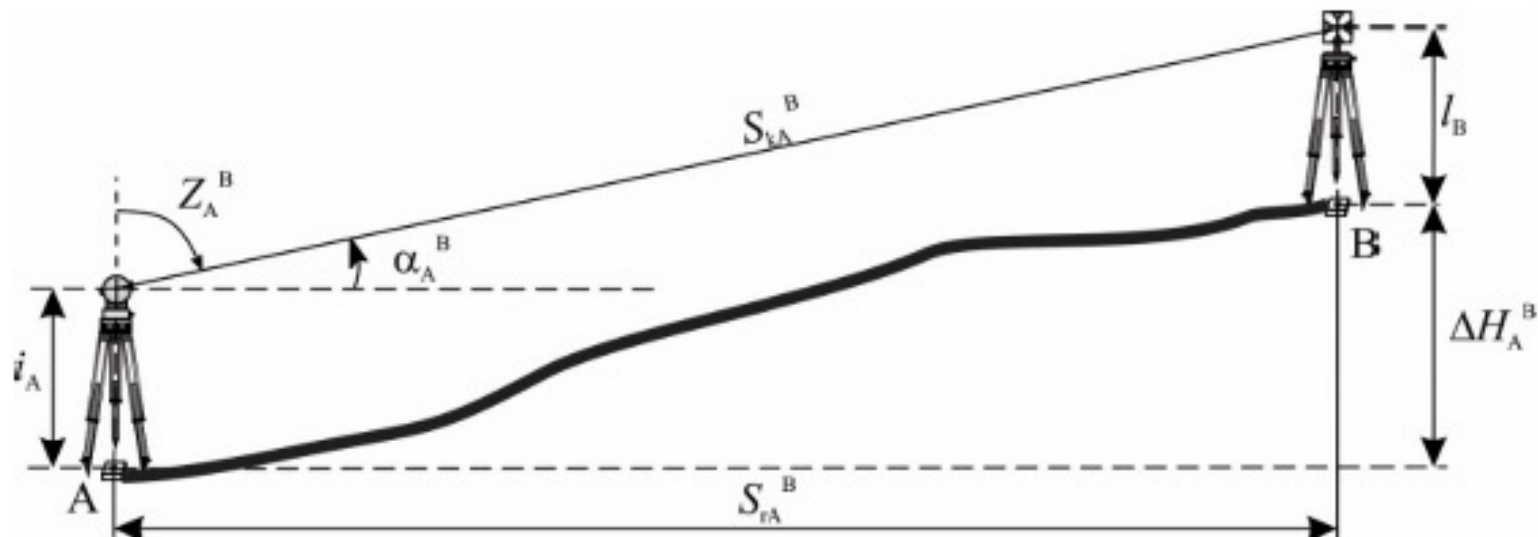
МЕРЕЊЕ ВИСИНСКИХ РАЗЛИКА – ТРИГОНОМЕТРИЈСКИ НИВЕЛМАН



Тригонометријски нивелман је одређивање висинских разлика на основу мерења дужине и вертикалног угла теодолитом, тј. даљиномером или тоталном станицом, а висинска разлика се рачуна применом тригонометријских функција.



МЕРЕЊЕ ВИСИНСКИХ РАЗЛИКА – ТРИГОНОМЕТРИЈСКИ НИВЕЛМАН



$$S_{rA}^B = S_{kA}^B \cdot \sin Z_A^B = S_{kA}^B \cdot \cos \alpha_A^B$$

$$\Delta H_A^B = S_{kA}^B \cdot \cos Z_A^B + i_A - l_B = S_{kA}^B \cdot \sin \alpha_A^B + i_A - l_B$$

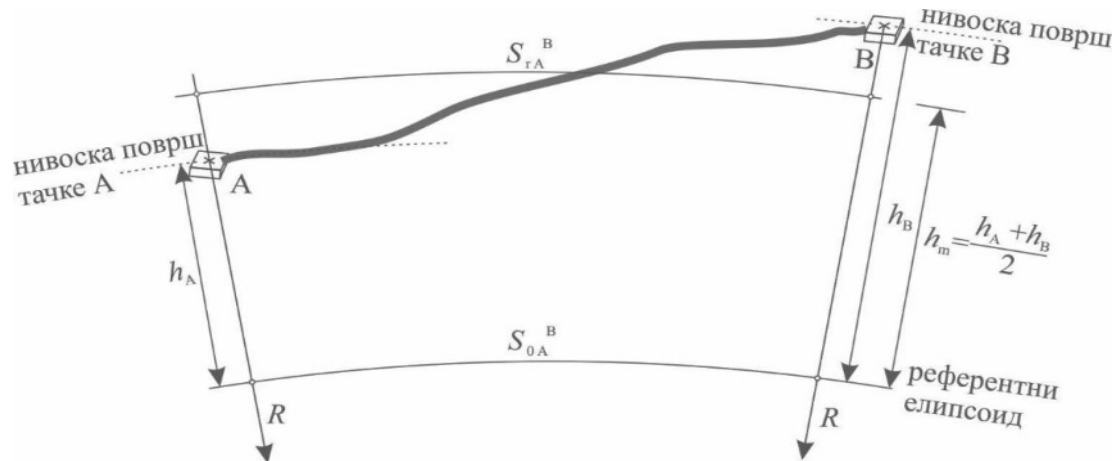
РЕДУКЦИЈА ДУЖИНА



Редукција дужине на површ референтног елипсоида и у раван пројекције:

– Редукција на елипсоид

h_A, h_B - елипсоидне висине тачака А и В;



$$h_m = \frac{h_A + h_B}{2} ;$$

$$\frac{S_{0A}^B}{R} = \frac{S_{rA}^{Bsr}}{R + h_m} ; \quad S_{rA}^{Bsr} = S_{0A}^B \frac{R + h_m}{R} = S_{0A}^B \left(1 + \frac{h_m}{R} \right)$$

$$\Delta S_{0A}^B = S_{0A}^B - S_{rA}^{Bsr} = -\frac{h_m}{R} S_{0A}^{Bsr} \approx -\frac{h_m}{R} S_{rA}^{Bsr}$$

$S = 100 \text{ m}, \quad R = 6378 \text{ km}$

h_m	100	200	300	500	1000	2000
ΔS_0	-0.002	-0.003	-0.005	-0.008	-0.016	-0.031

РЕДУКЦИЈА ДУЖИНА

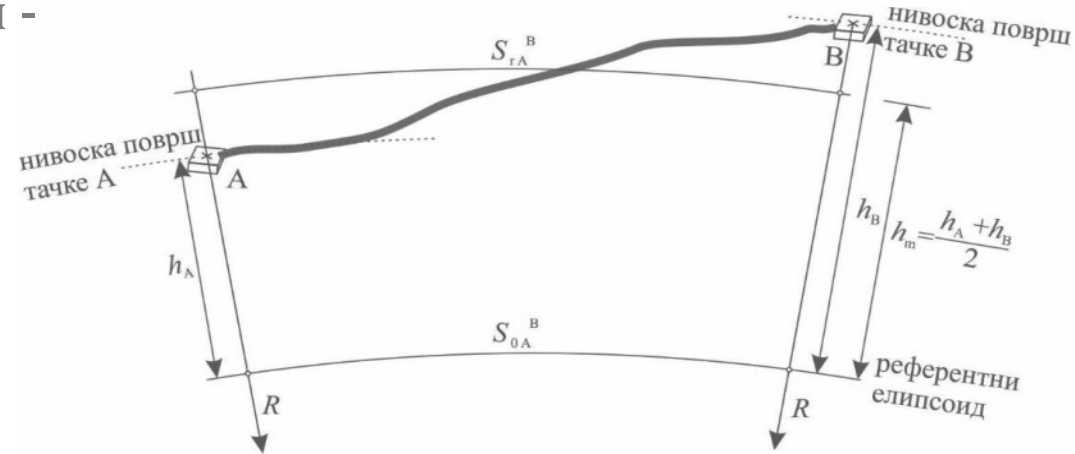


Редукција дужине на површ референтног елипсоида и у раван пројекције:

- Државни координатни систем - Беселов елипсоид

$$\begin{aligned}h_{\text{Bessel}} &= H^{\text{O}} + N_{\text{Bessel}} = \\ &= H^{\text{N-O}} + \zeta_{\text{Bessel}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{Bessel}} &\approx \zeta_{\text{Bessel}} \approx 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow h_{\text{Bessel}} &\approx H^{\text{O}} \approx H^{\text{N-O}}\end{aligned}$$



- Српски терестрички референтни систем – ETS89_SRB – елипсоид GRS80

$$h_{\text{GRS80}} = H^{\text{O}} + N_{\text{GRS80}} = H^{\text{N-O}} + \zeta_{\text{GRS80}}$$

- за територију Србије

Р. Српске. 45 - 47 м

РЕДУКЦИЈА ДУЖИНА



– Редукција у раван пројекције

- Гаус-Кригера пројекција:

$$\Delta S_{\text{GKA}}^{\text{B}} = \left(\frac{\bar{Y}_m^2}{2R^2} - 0,0001 \right) S_{0A}^{\text{B}} ; \quad \bar{Y}_m = \frac{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B}{2} \text{ - средња удаљеност од } X \text{ осе,}$$

$$S_A^{\text{B}} = S_{\text{GKA}}^{\text{B}} = S_{rA}^{\text{B sr}} + \Delta S_{0A}^{\text{B}} + \Delta S_{\text{GKA}}^{\text{B}} \text{ - дужина у Гаус-Кригеровој пројекцији Беселовог елипсоида}$$

- UTM пројекција:

$$\Delta S_{\text{UTMA}}^{\text{B}} = \left(\frac{\bar{E}_m^2}{2R^2} - 0.0004 \right) S_{0A}^{\text{B}} ; \quad \bar{E}_m = \frac{\bar{E}_A + \bar{E}_B}{2} \text{ - средња удаљеност од } N$$

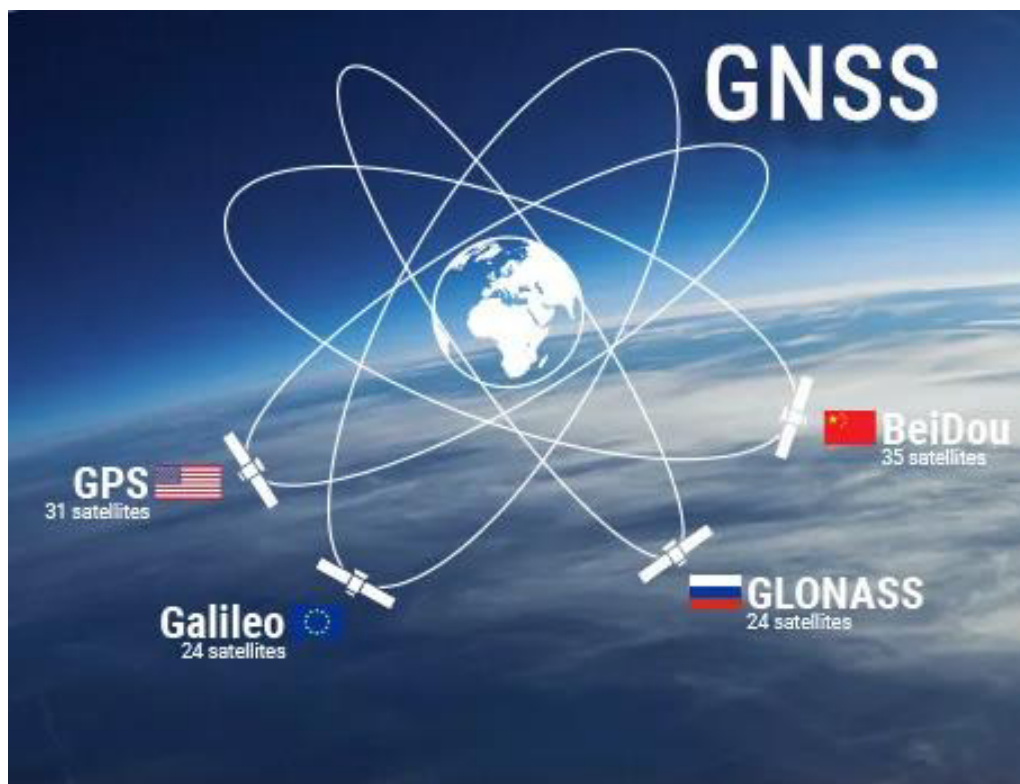
$$S_A^{\text{B}} = S_{\text{UTMA}}^{\text{B}} = S_{rA}^{\text{B sr}} + \Delta S_{0A}^{\text{B}} + \Delta S_{\text{UTMA}}^{\text{B}} \text{ - дужина у UTM пројекцији елипсоида GRS80.}$$

– Хоризонтални правци – **услов конформности и занемаривање утицаја одступања вертикала.**

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



Глобални навигациони сателитски систем (ГНСС) се односи на констелацију сателита који обезбеђују сигнале из свемира који преносе податке о позиционирању и времену до ГНСС пријемника. Пријемници затим користе ове податке да одреде локацију. По дефиницији, ГНСС обезбеђује глобалну покривеност.



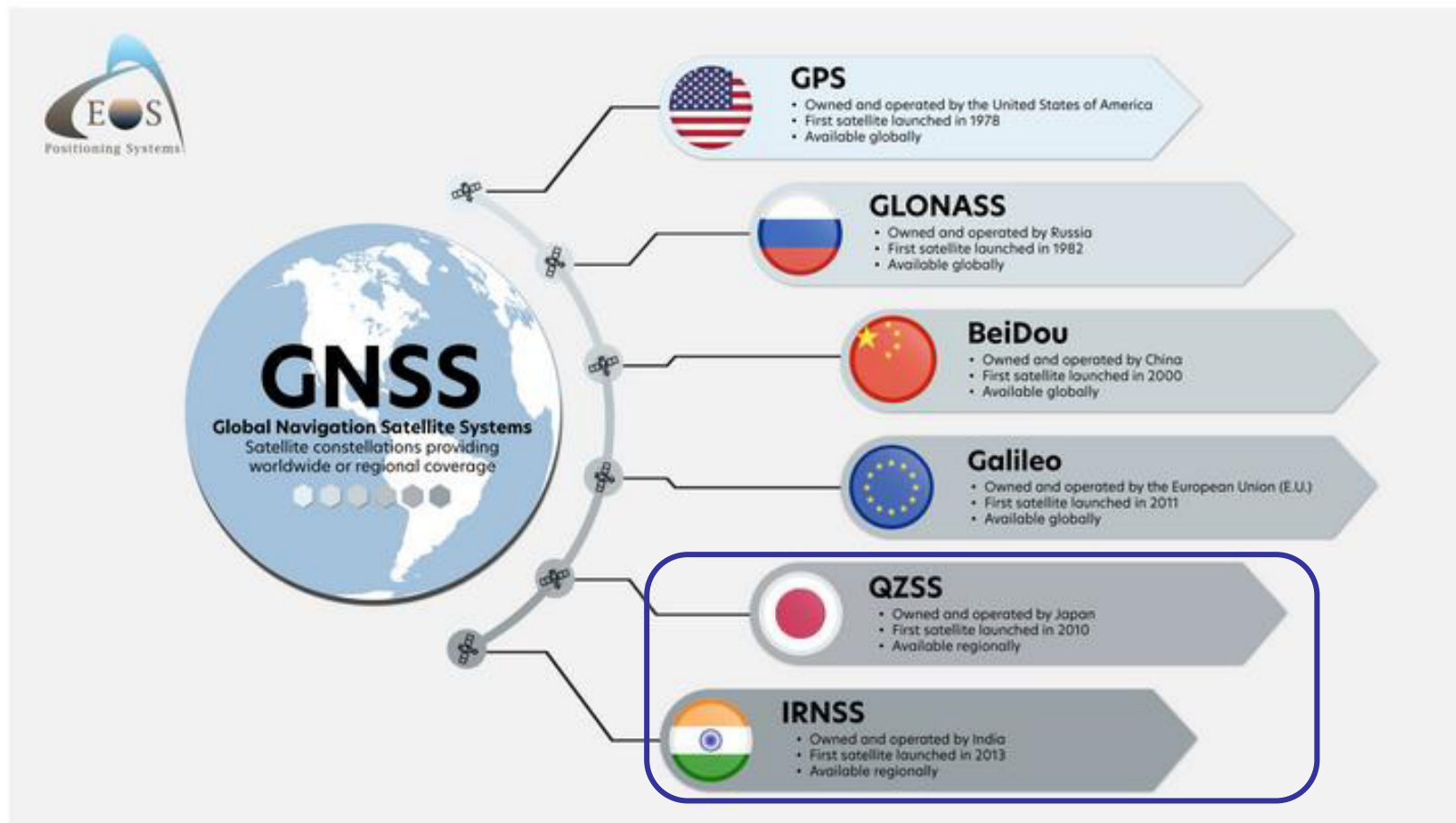
<https://www.mobatime.com/article/difference-between-gnss-and-gps/>

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

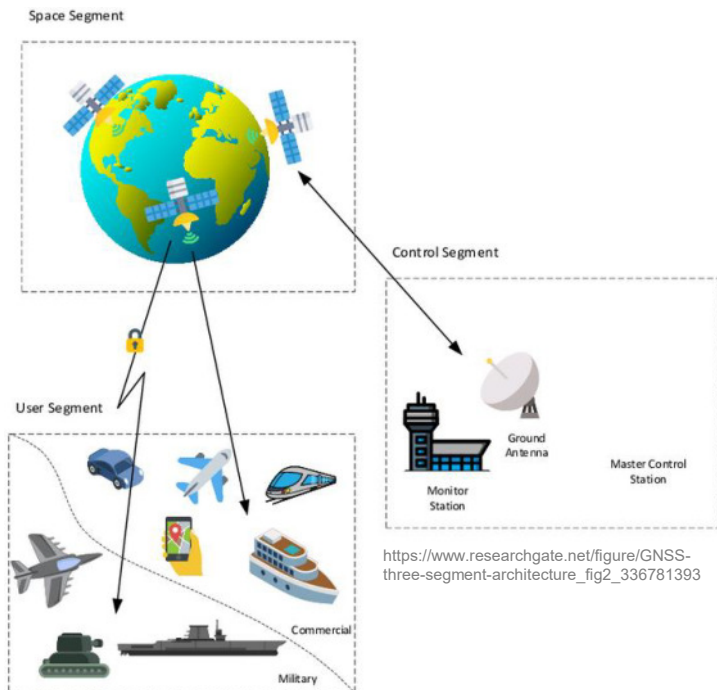


Спутњик 1 - први вештачки сателит лансиран у орбиту 4. октобра 1957. године.

Данас је у употреби 6 ГНСС-а:

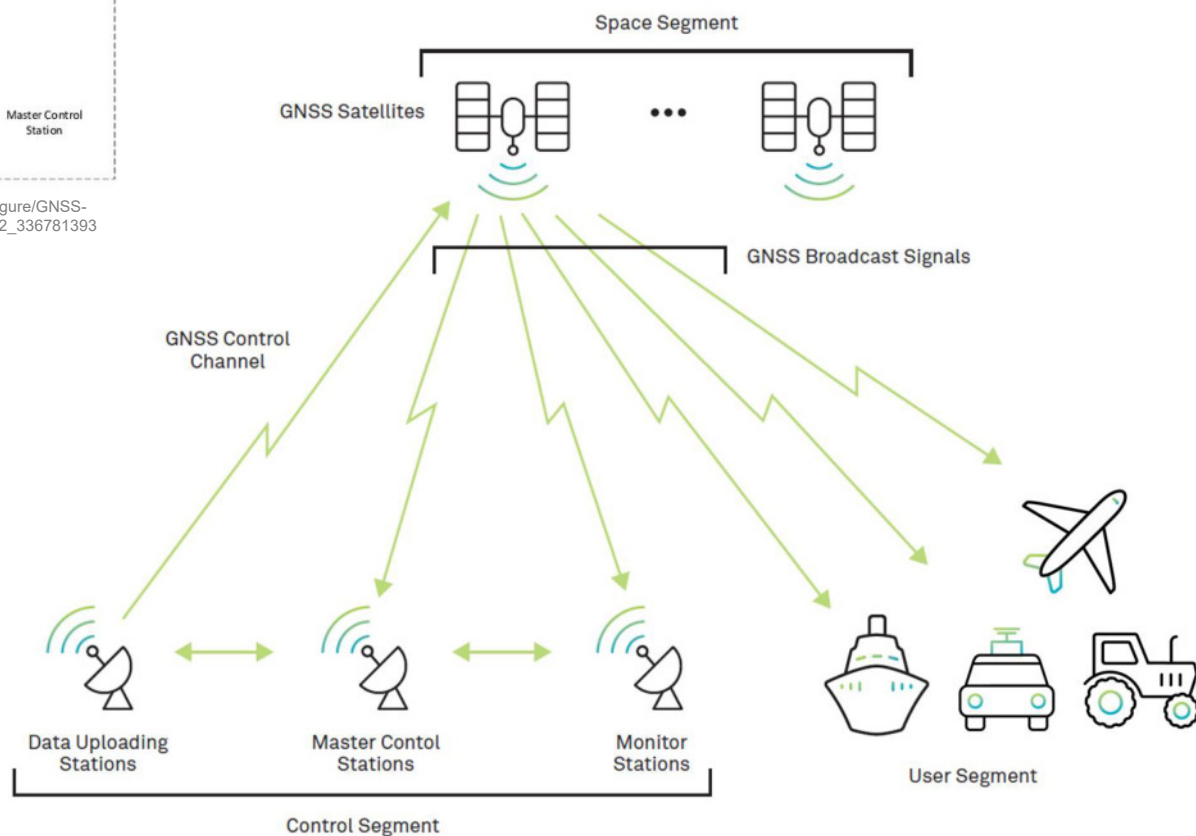


ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



ГНСС се састоје од 3 сегмента:

1. Космички
2. Контролни
3. Кориснички



ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

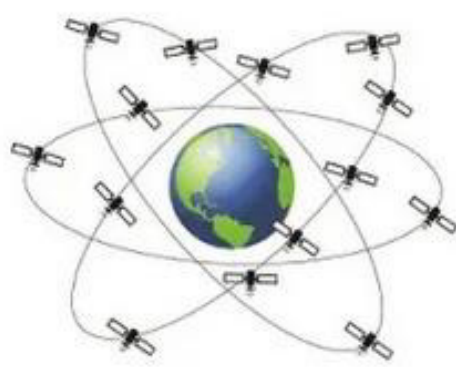
Космички сегмент - GNSS сателити



GPS

GPS (САД)

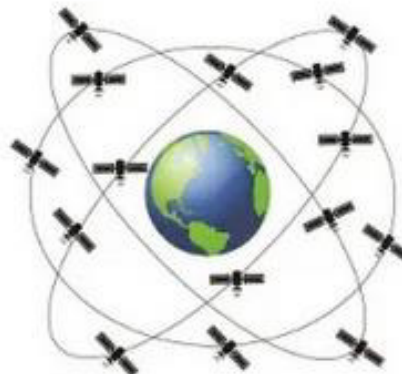
6 орбиталних равни
24 сателита + резерва
Инклинација
орбиталних равни 55°
Висина 20200 km



Galileo

GALILEO (ЕУ)

3 орбиталне равни
27 сателита + 3 резерве
Инклинација
орбиталних равни 56°
Висина 23616 km



GLONASS

GLONASS (Русија)

3 орбиталне равни
21 сателита + 3 резерве
Инклинација
орбиталних равни $64,8^\circ$
Висина 19100 km



BeiDou

BeiDou (Кина)

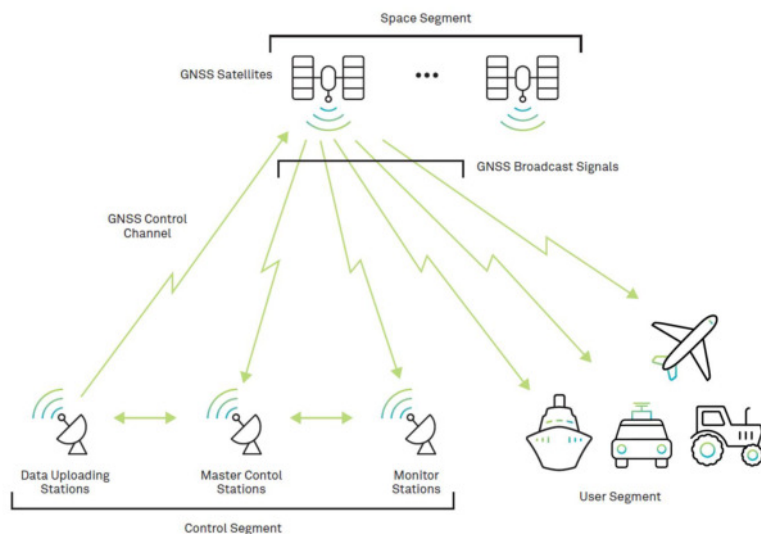
6 орбиталне равни
30 сателита + 5 резерве
Инклинација
орбиталних равни 55°
Висина 38300 km,
21500 km

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



Контролни сегмент – ГНСС контролне станице, земаљске антене

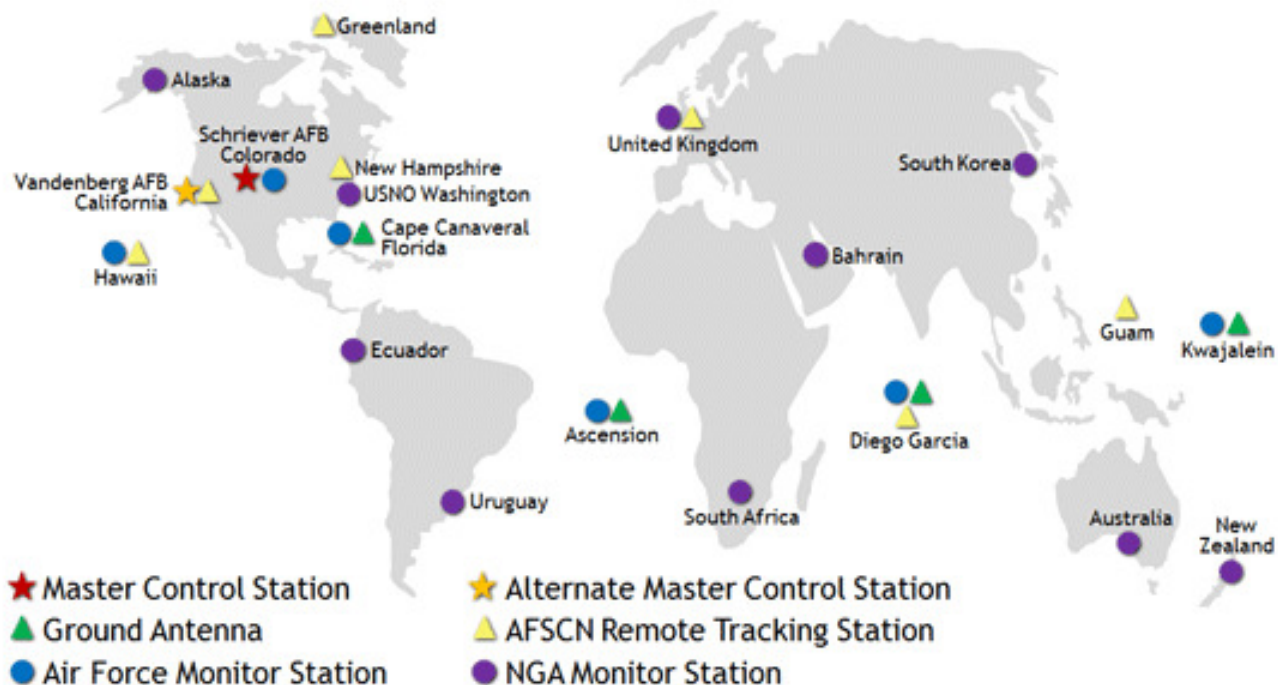
- Континуирано праћење и одређивање позиција ГНСС сателита,
- Ажурирање података за израчунавање положаја сателита у произвољном тренутку времена – **сателитским ефемеридима**,
- Врсте сателитских ефемериди
 - 1) Приближне (алманах),
 - 2) Прогнозиране (емитоване у навигационој поруци)
 - 3) Прецизне, доступне са закашњењем



ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



Контролни сегмент - GPS



<https://www.gps.gov/systems/gps/control/>

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

Контролни сегмент - GALILEO



Galileo Sites and Ground Stations

- HQ: Headquarters
- GCC: Galileo Control Centre
- GSMC: Galileo Security Monitoring Centre
- SSSC: SAR/Galileo Service Centre
- GSC: GNSS Service Centre
- GRC: Galileo Reference Centre
- GILSC: Galileo Integrated Logistic Support Centre
- TTTCF: Telemetry, Tracking and Command
- ULS: Uplink Station
- GSS: Ground Sensor Station
- MEQLUT: Medium Altitude Earth Orbit Local User Terminal
- REFBE: Galileo/SAR Reference Beacons
- IOT: In-Orbit Testing station

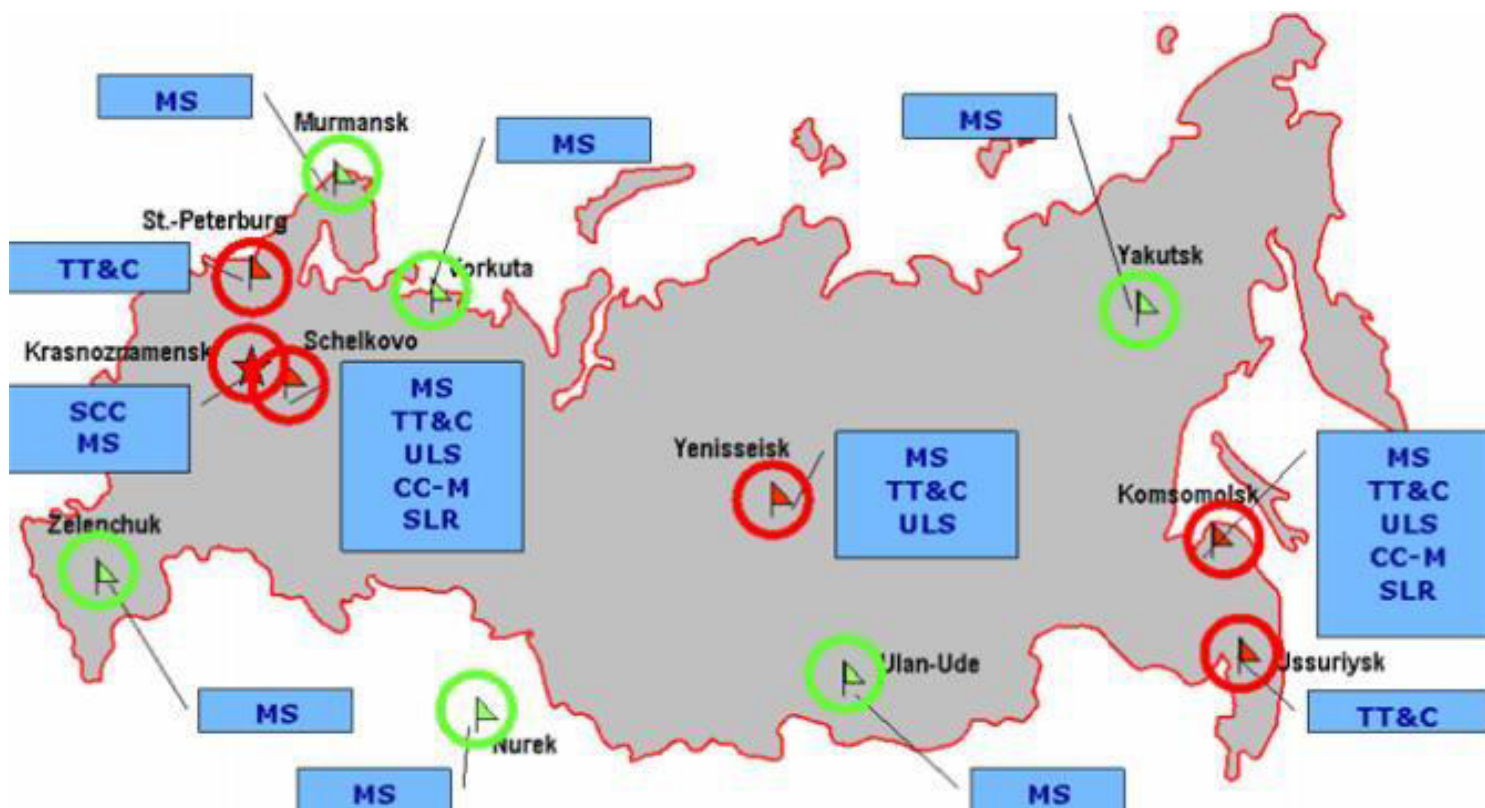


Galileo Sites and Ground Stations status as of September 2021

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

Контролни сегмент - GLONASS

- System Control Centre (SCC)
- 5 Telemetry, Tracking and Command centers (TT&C)
- The Central Clock
- 2 Laser Ranging Stations (SLR):
- 4 +6 Monitoring and Measuring Stations (MMS)



ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



Кориснички сегмент

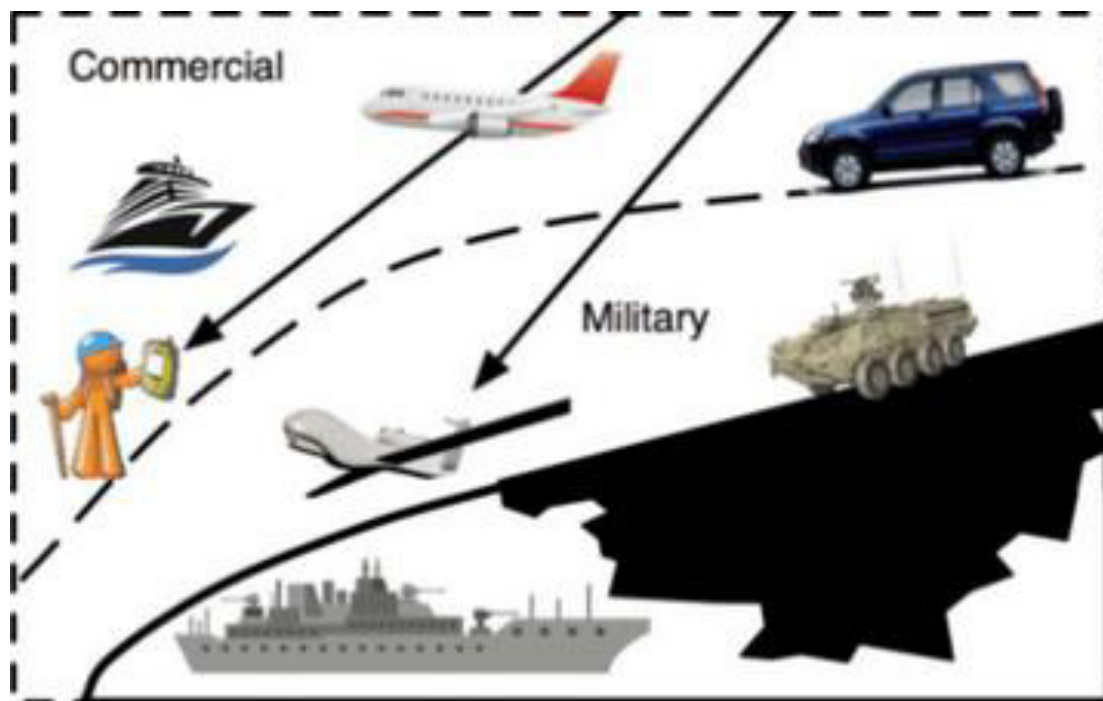
- геодетски премер



- навигација



- пољопривреда



https://www.researchgate.net/figure/GNSS-Segments-in-GPS-Image-taken-from-ER17_fig1_339473727

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



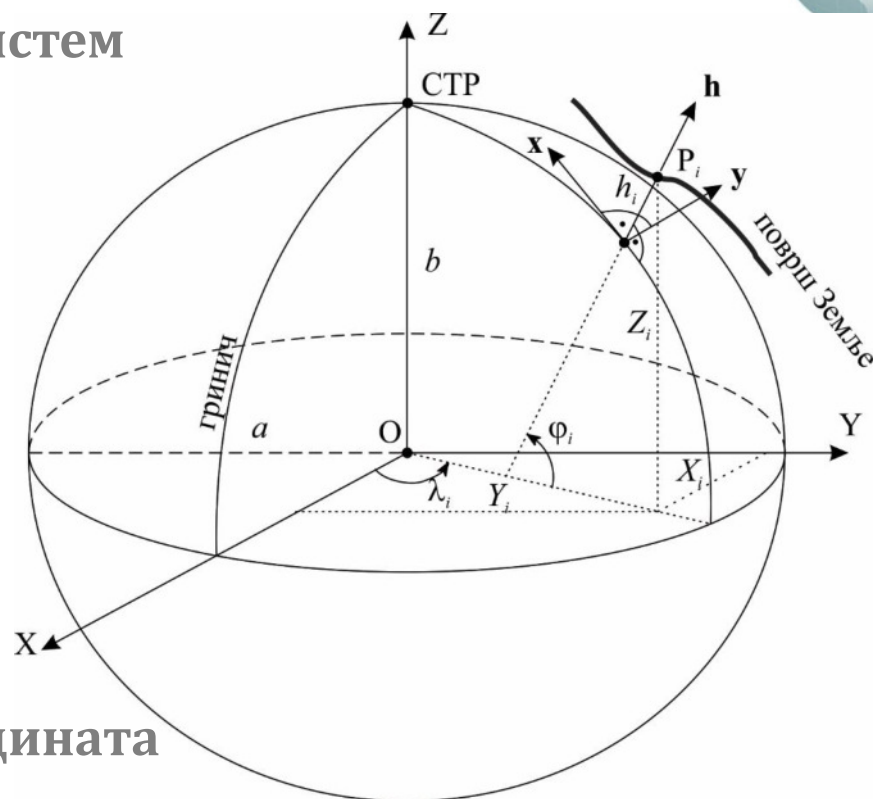
Глобални геоцентрични референтни систем

– Позиција тачке P_i

1) Тродимензионалне правоугле координате
 $P_i(X_i, Y_i, Z_i)$

2) Геодетске координате
 $P_i(\varphi_i, \lambda_i, h_i)$

3) Локалне топоцентричне координате
 $P_j(x_j, y_j, h_j)$



Једнозначна веза између скупова координата

Параметри земљиног елипсоида

1) Велика полуоса $a = 6378137$ m

2) Сплештеност $f = 3.35281066475 \cdot 10^{-3}$

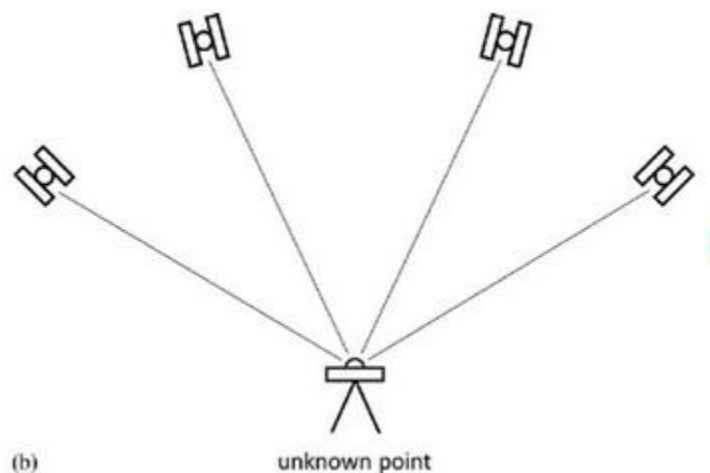
3) Мала полуоса $b = a(1 - f) = 6356752.31425$ m

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

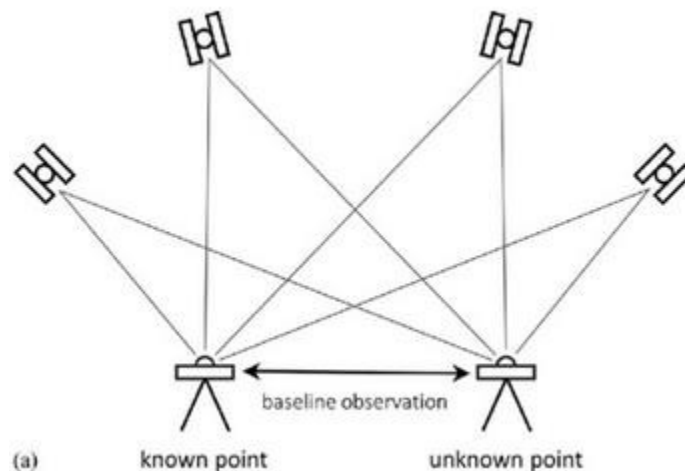


Принципијелно посматрано постоје две врсте позиционирања:

- **апсолутно позиционирање** или позиционирање тачке и
- **релативно позиционирање** или диференцијално позиционирање.



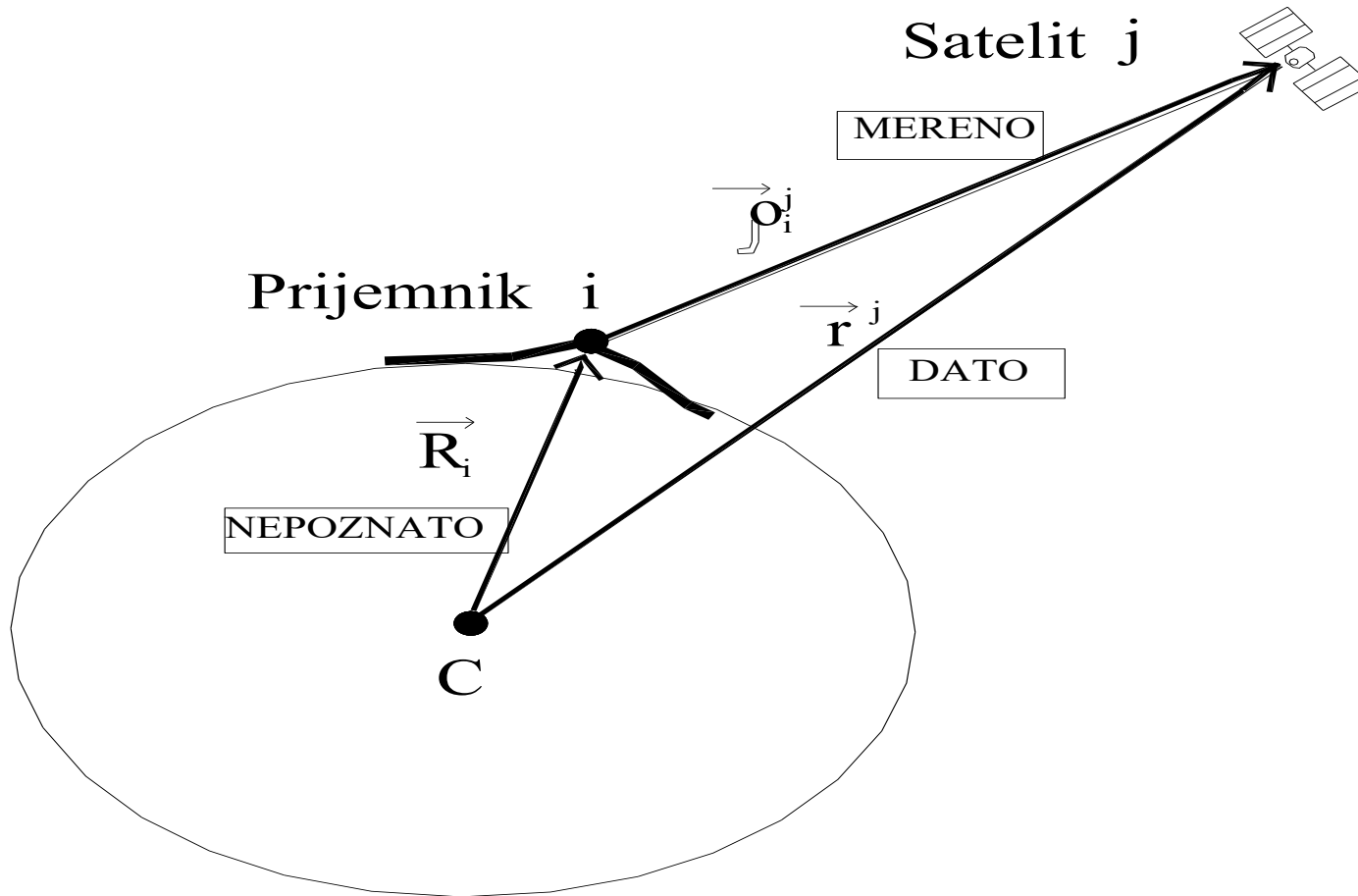
1. Код апсолутног позиционирања положај се одређује у Конвенционалном терестричком систему (КТС) који је везан за Земљу.



2. Код релативног позиционирања положај се одређује у односу на неку тачку, која се усваја као почетак локалног координатног система

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

Основни концепт ГНСС позиционирања - Апсолутно позиционирање



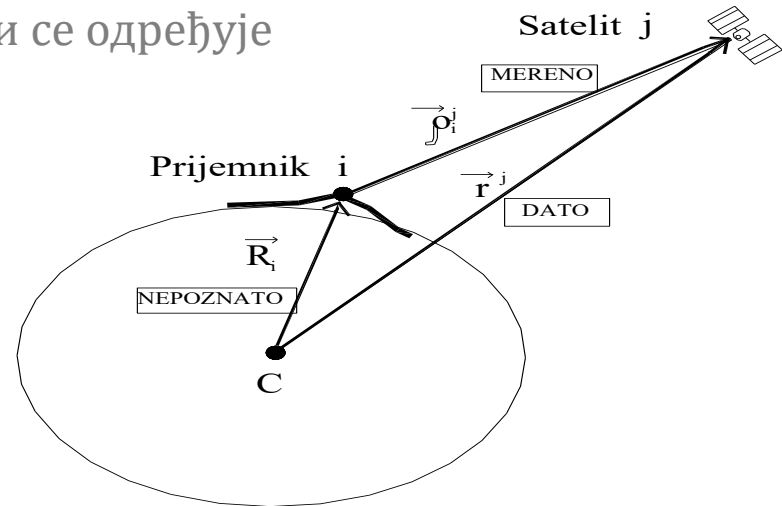
ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



Основни концепт ГНСС позиционирања – Апсолутно позиционирање

Непозната позиција пријемника на тачки се одређује према изразу:

$$\vec{\mathbf{R}}_i = \vec{\mathbf{r}}^j - \vec{\rho}_i^j$$



$$\vec{\mathbf{R}}_i = (X_i \ Y_i \ Z_i)^T$$

- вектор позиције пријемника на тачки i

$$\vec{\mathbf{r}}^j = (x_j \ y_j \ z_j)^T$$

- вектор позиције сателита j

$$\rho = \|\mathbf{r} - \mathbf{R}\|$$

- дужина између сателита и пријемника

$$\rho_i^j$$

- вектор мерења између сателита и пријемника

ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

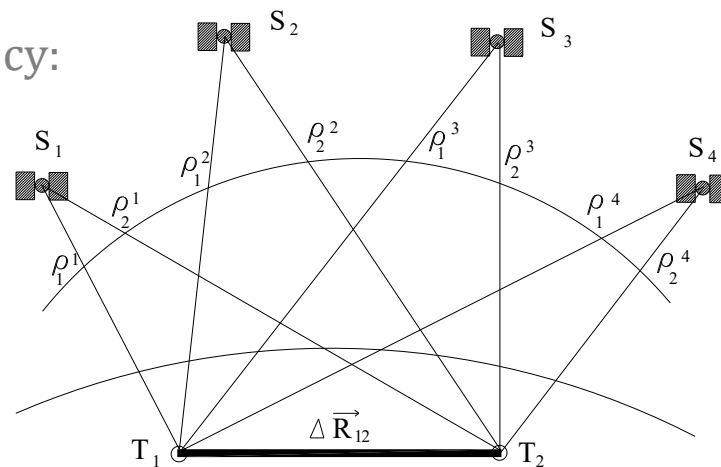


Основни концепт ГНСС позиционирања – Релативно позиционирање

Вектори позиција пријемника на тачки T_1 и T_2 су:

$$\vec{\mathbf{R}}_1 = \vec{\mathbf{r}}^j - \vec{\boldsymbol{\rho}}_1^j$$

$$\vec{\mathbf{R}}_2 = \vec{\mathbf{r}}^j - \vec{\boldsymbol{\rho}}_2^j$$



а њихова разлика даје вектор:

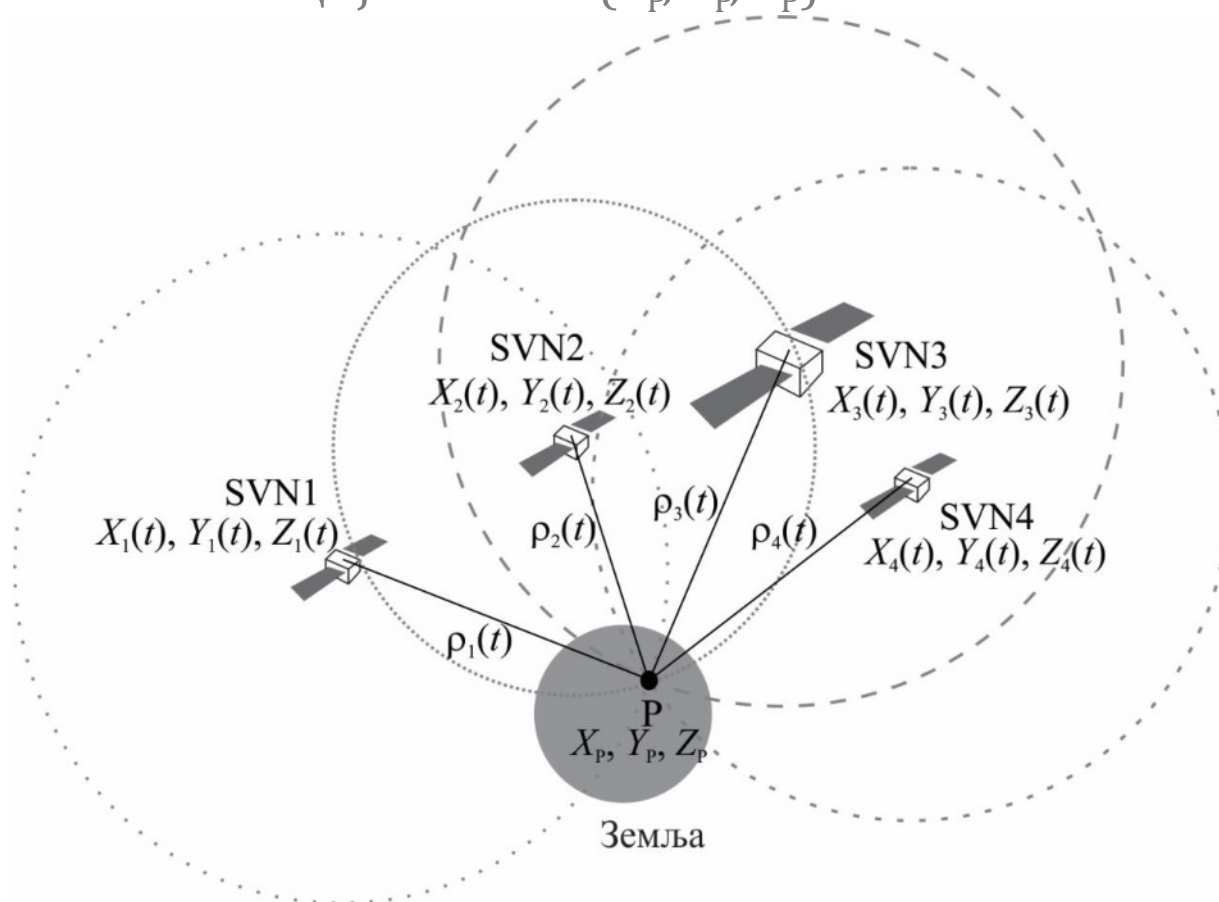
$$\Delta \vec{\mathbf{R}}_{12} = \vec{\mathbf{R}}_2 - \vec{\mathbf{R}}_1 = \vec{\boldsymbol{\rho}}_1^j - \vec{\boldsymbol{\rho}}_2^j = \vec{\boldsymbol{\rho}}_{12}^j$$

Тачност релативног позиционирања је од 0.1 до 2.0 ppm



Принцип ГНСС позиционирања

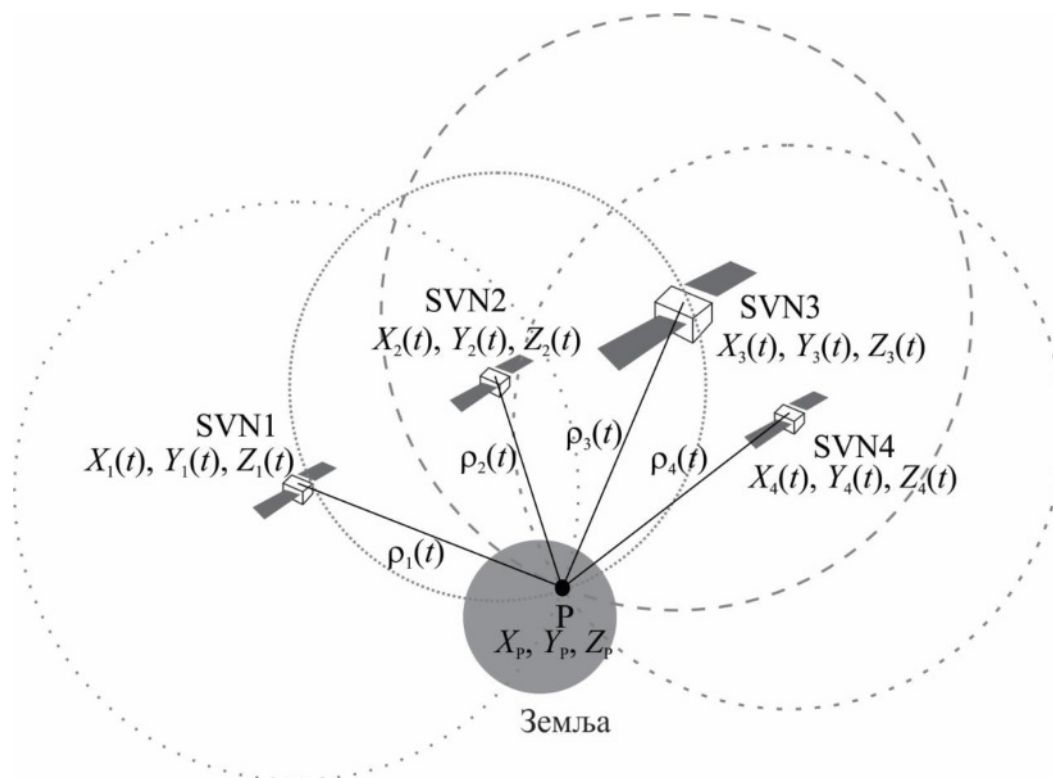
- Позиције ГНСС сателита $SVN_i(X_i(t), Y_i(t), Z_i(t))$ функције времена, t
- Мерења растојања у тренутцима (епохама) времена, $\rho_i(t)$
- Израчунавање позиције тачке P (X_P, Y_P, Z_P)





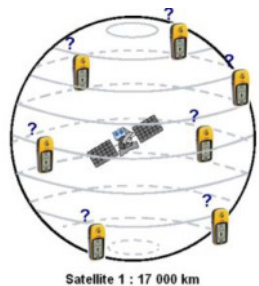
Апсолутно ГНСС позиционирања

- За практичну примену неопходна су мерења растојања помоћу ГНСС пријемника до 4 сателита.
- Три мерења служе за одређивања координата (X, Y, Z) и четврто за одређивања корекције часовника у ГНСС пријемнику (време T).

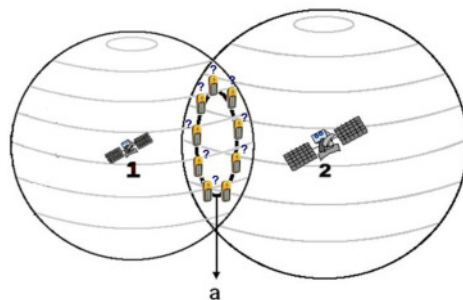


ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

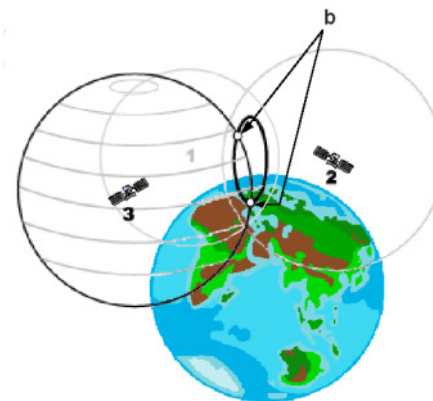
Зашто минимум 4 сателита?



1 сателит

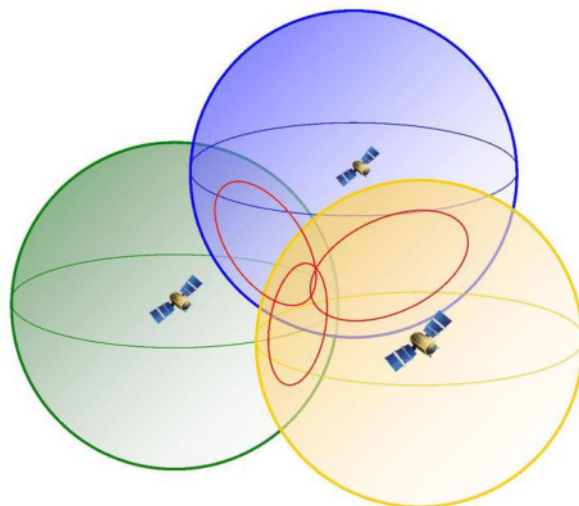


2 сателита



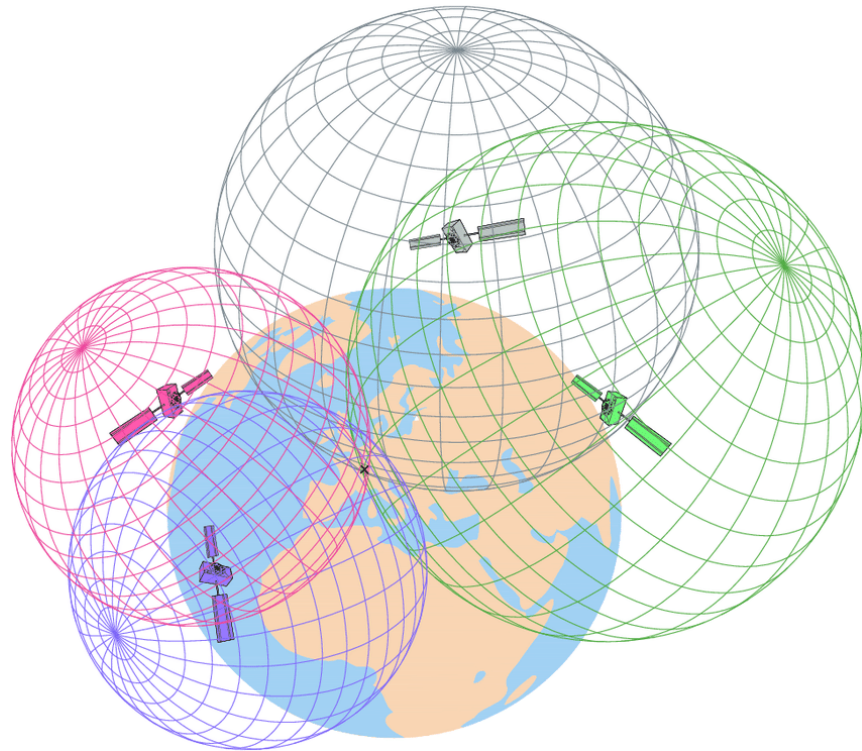
3 сателита

На основу 3 мерење дужине од пријемника до сателита, путем метода трилатерације могу одредити 3-Д позиције пријемника на Земљи (X, Y, Z).





Зашто минимум 4 сателита?



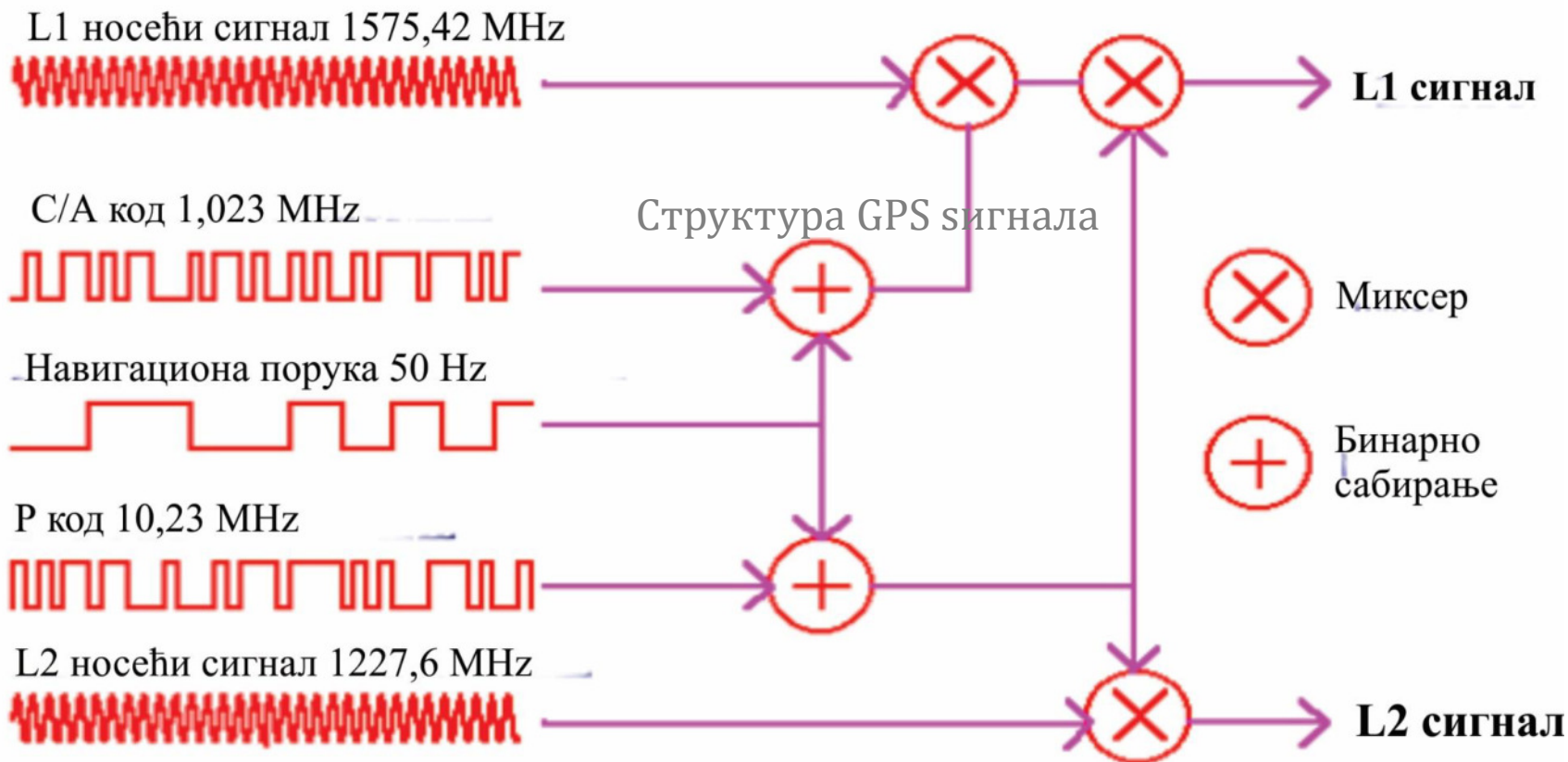
Три мерења служе за одређивања координата (X, Y, Z) и четврто за одређивања корекције часовника у ГНСС пријемнику (време T).

ГНСС-МЕРЕЊЕ ДУЖИНЕ ОД ПРИЈЕМНИКА ДО САТЕЛИТА



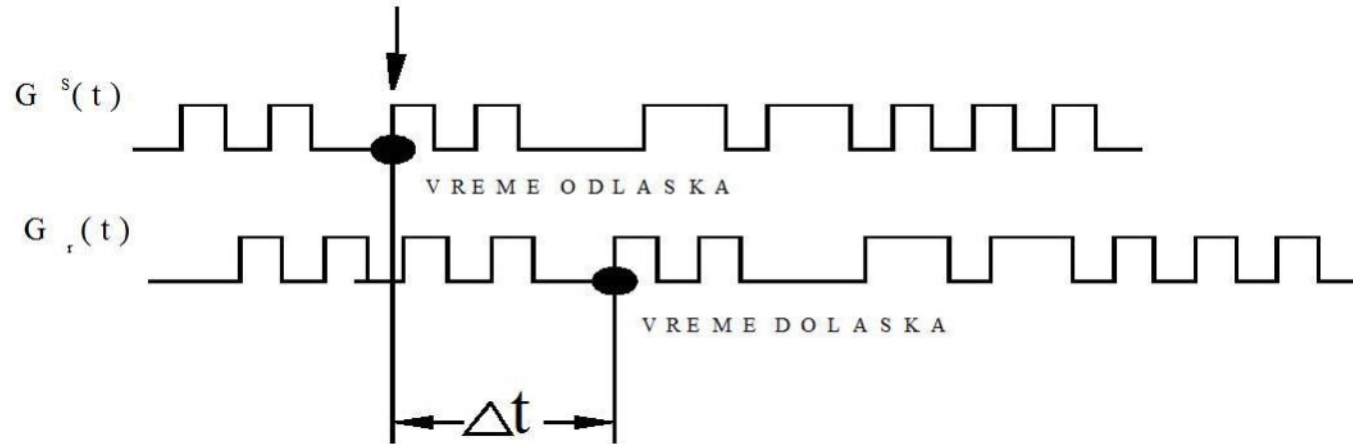
Дужине од ГНСС пријемника до сателита се мере на основу фазних и кодних мерења.

Структура GPS сигнала





Принцип мерења фазе кодова



$$\rho_R^S = c \cdot (t_R - t^S) + c \cdot (\delta t_R - \delta t^S)$$

c - брзина простирања електромагнетних таласа

t_R - фаза кода примљеног са сателита

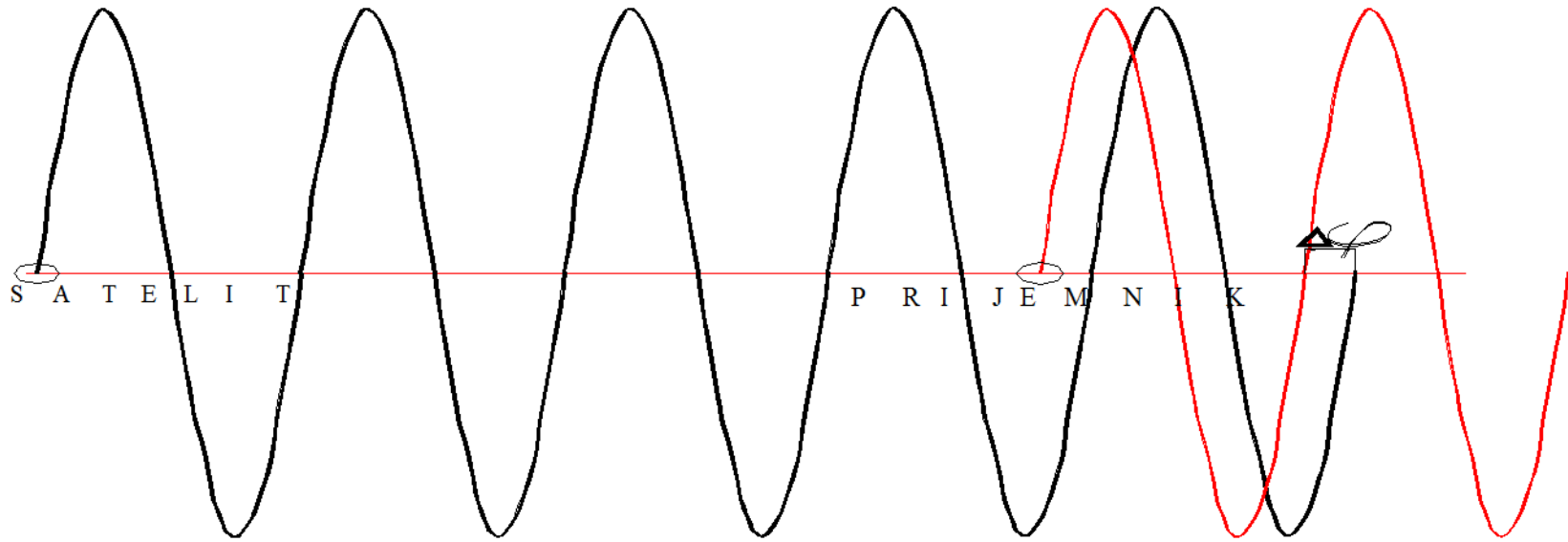
t^S - фаза кода генерисаног у пријемнику

δt^S - грешка часовника сателита

δt^R - грешка часовника пријемника



Принцип мерења фазе носећег сигнала



$$\Delta\varphi_R^S = \varphi^S(t) - \varphi_R(t)$$

$$\Delta\varphi_R^S = -f \cdot \frac{\rho}{c} - f \cdot (\delta t^S - \delta t_R)$$

$$\Phi_R^S = \rho_R^S + c \cdot (\delta t^S - \delta t_R) + N \cdot \lambda$$

f - Фреквенција носећег сигнала

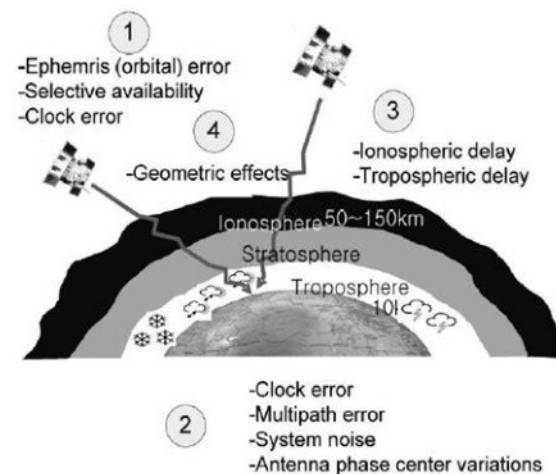
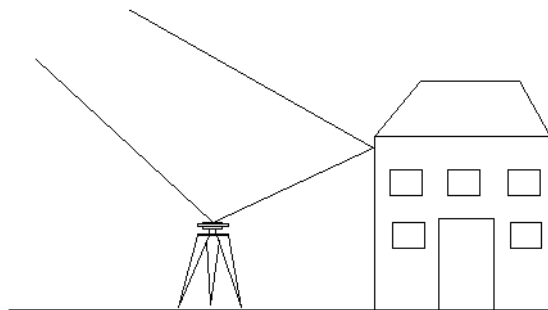
λ - Таласна дужина носећег сигнала

N - Фазна неодређеност



Извори грешака

- грешке сателитских орбита
- грешке часовника сателита и пријемника
- јоносферска рефракција (кашњење)
- тропосферска рефракција (кашњење)
- варијације фазног центра антене
- вишеструке путање сигнала



ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ



Методе ГНСС мерења

Режим позиционирања	Метода	Мерене величине	Тачност
Апсолутно	Статичко	Применом C/A кода	5 – 15 m
		Применом P кода	5 – 10 m
		Прецизне ефемериде	2 – 5 m
	Кинематичко	Краткотрајна опажања (1 msec)	20 – 50 m
Релативно	Статичко	Дуготрајна опажања (више часова);	0.1 mm + 1 mm/km
		Краткотрајна опажања (15-30 min); Растојања мања од 10 km	5 mm + 1 mm/km
	Кинематичко	Накнадна обрада података	5 mm + 1 mm/km
		У реалном времену	5 mm + 1mm/km
		Континуирано – у покрету	1..5cm + 1 mm/km
	Диференцијални ГНСС		Мерењем фазе кодова
		Мерењем фазе носећих сигнала	1-6 mm

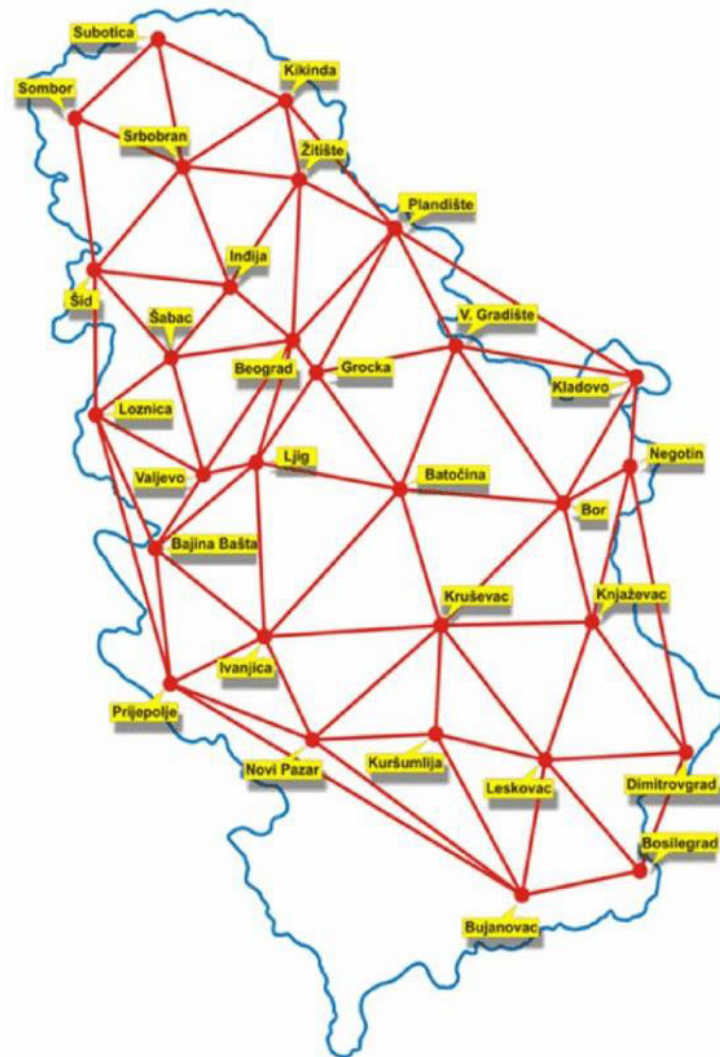
ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

АКТИВНА ГЕОДЕТСКА РЕФЕРЕНТА ОСНОВА СРБИЈЕ

„Према важећем закону о државном премеру и Катастру из 2015. године, „АГРОС“ представља мрежу перманентних станица глобалног позиционог система за територију Републике Србије, као и да су просторни и хоризонтални референтни системи дефинисани мрежом перманентних станица Републике Србије – АГРОС.

Мрежа АГРОС представља основну геодетску инфраструктуру, као и материјализацију геодетског референтног оквира у складу са Европским стандардима, која је потребна за обављање геодетских радова, пољопривредних радова, грађевинских радова на инфраструктурним пројектима, развоју и имплементацији информационих технологија, модернизацији у Србији на дужи рок. Као таква, она је важна подкомпонента развоја и унапређења Републике Србије као и укључивања Републике Србије у све европске токове.“

Републички геодетски завод,
<https://www.rgz.gov.rs/agros>



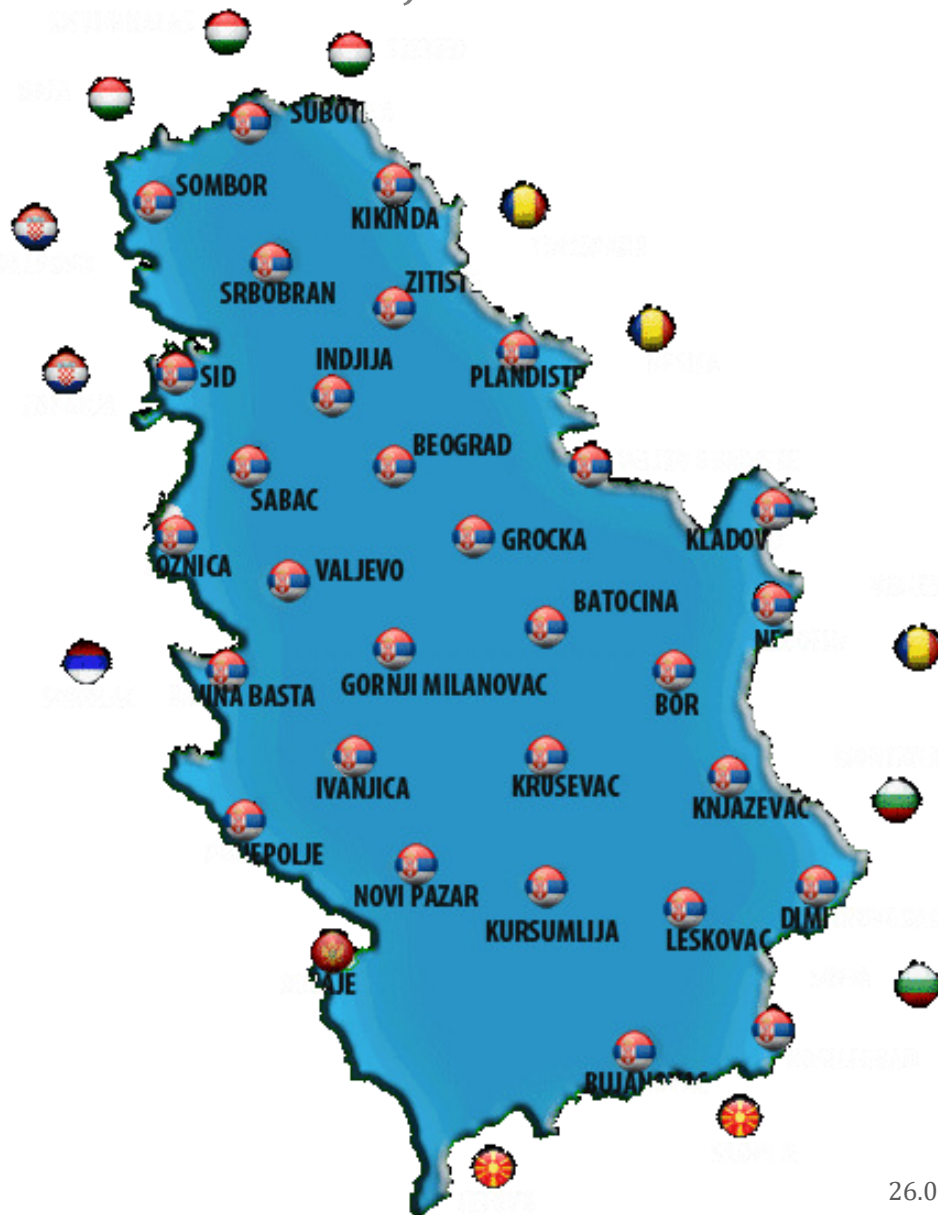
ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

АКТИВНА ГЕОДЕТСКА РЕФЕРЕНТА ОСНОВА СРБИЈЕ

Позиционирање у мрежи перманентних станица

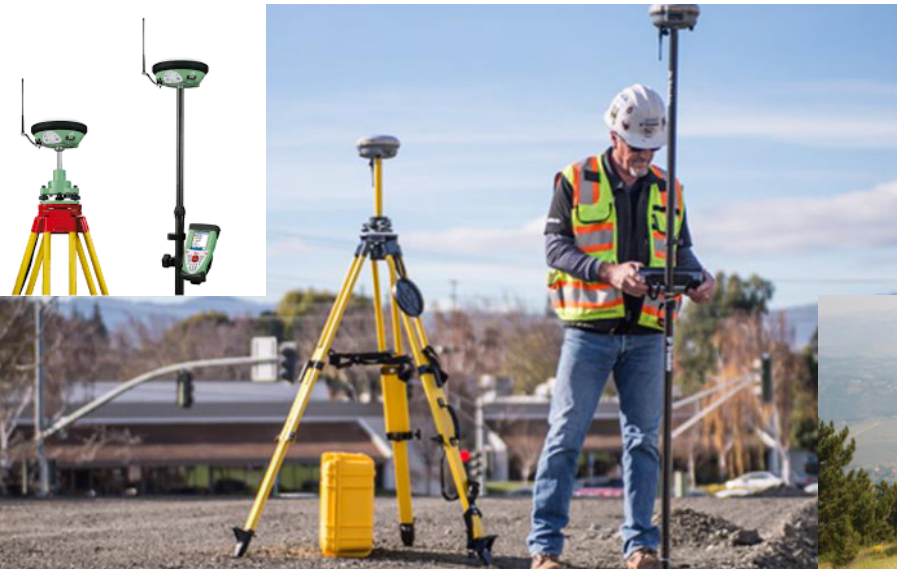
Активна геодетска референтна
основа Србије – АГРОС

- 29 Србија
- 3 Мађарска
- 3 Румунија
- 2 Бугарска
- 2 Македонија
- 1 Црна гора
- 1 БИХ (Република Српска)



ГЛОБАНИ НАВИГАЦИОНИ САТЕЛИТСКИ СИСТЕМИ

Инструменти и прибор



Релативно кинематичко
позиционирање



Релативно статичко
позиционирање

