

Geoinformacione tehnologije

Prostorni referentni sistemi

Predstavljanje oblika Zemlje

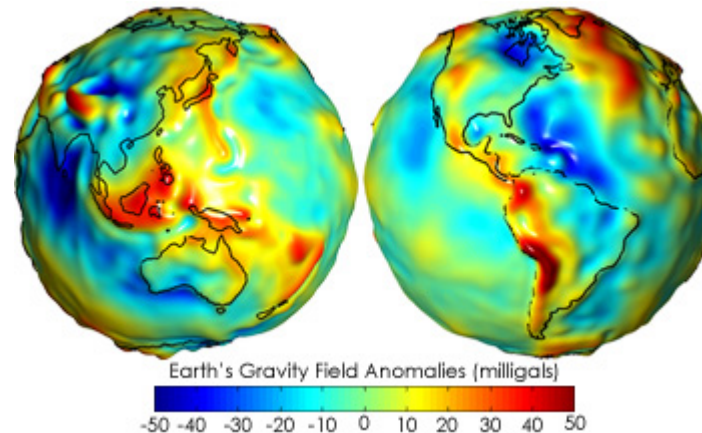


- Geoidi and Sferoidi: *modeli oblika Zemlje*
- Geografska širina i dužina: *pozicija na modelu*
- Datumi i premer: *merenje na modelu*
- Kartografske projekcije: *transformacija površine modela na dve dimenzije*
- Razmera: *podešavanje veličine modela*

Oblik Zemlje

- **Geoid**

- teorijski, geoid je kontinualna površina koja reprezentuje površinu Zemlje i na koju je pravac sile gravitacije u svakoj tački normalan
- aproksimira srednji nivo mora
- satelitska osmatranja (posle 1957) su pokazala da je površina geoida veoma nepravilna zbog lokalnih varijacija u gravitaciji koje su rezultat nepravilne distribucije Zemljine mase.



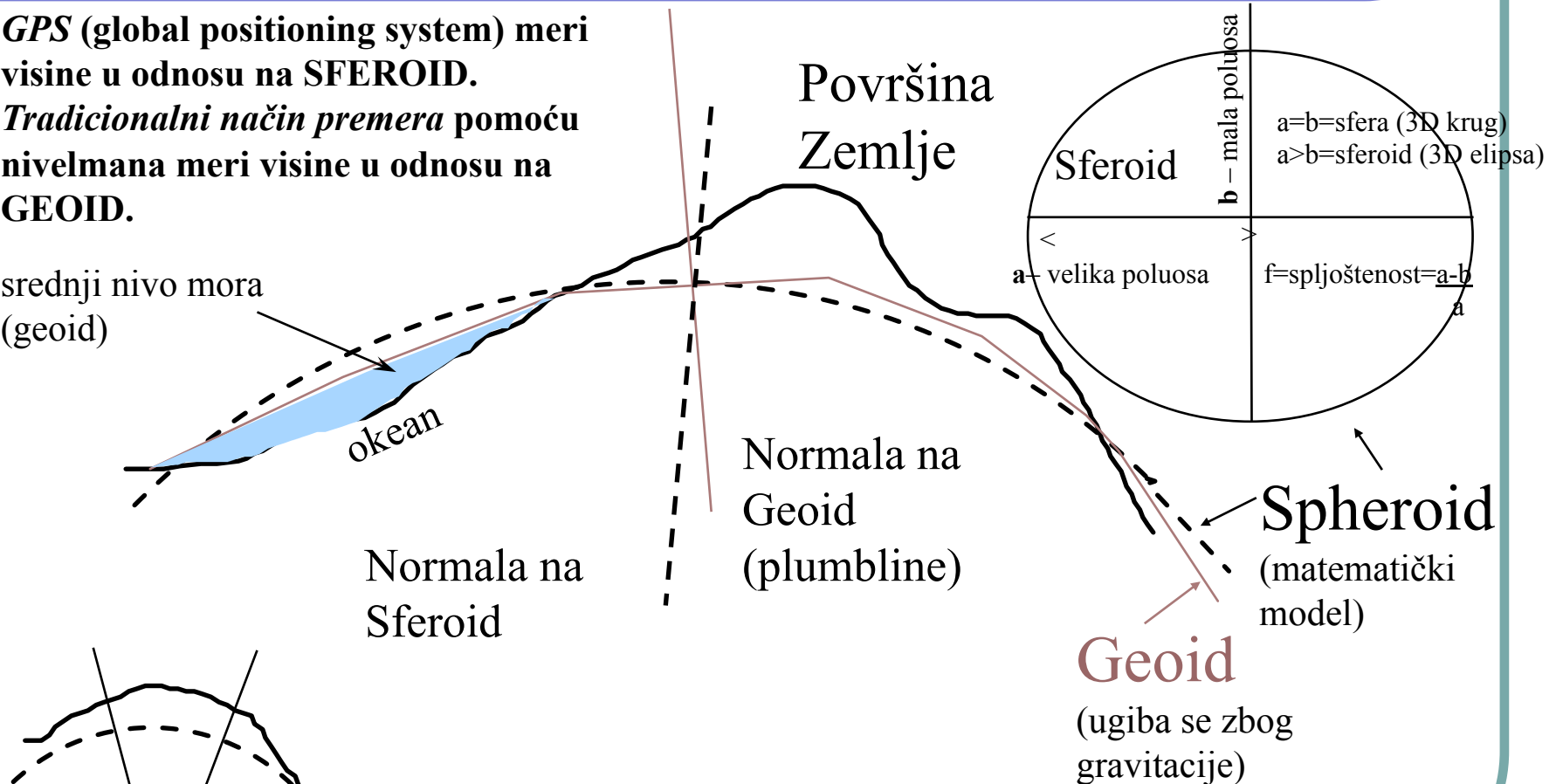
Oblik Zemlje

- **Sfere i sferoidi (trodimenzionalni krugovi i elipse)**
 - Matematički modeli koji mogu biti korišćeni za aproksimaciju geoida i pružaju osnovu za tačna merenja lokacija (horizontalna) i visina (vertikalna)
 - sfera (trodimenzionalni krug) sa poluprečnikom 6,370,997m smatra se dovoljno dobrom aproksimacijom za karte sitnih razmera (1:5,000,000 i sitnije - npr. 1:7,500,000)
 - sferoid (trodimenzionalna elipsa) treba biti korišćen za karte krupnijih razmera 1:1,000,000 ili više (npr. 1:25,000)
 - pitanje je, koji sferoid upotrebiti?

Odnos površine Zemlje prema Geoidu i Sferoidu

GPS (global positioning system) meri visine u odnosu na SFEROID.
Tradicionalni način premera pomoću nivelmana meri visine u odnosu na GEOID.

srednji nivo mora
(geoid)



Napomena: elevacija prouzrokuje da rastojanja merena na površini Zemlje budu veća od onih merenih na Sferoidu. Moguće je primeniti korekcije.

Koji sferoid?

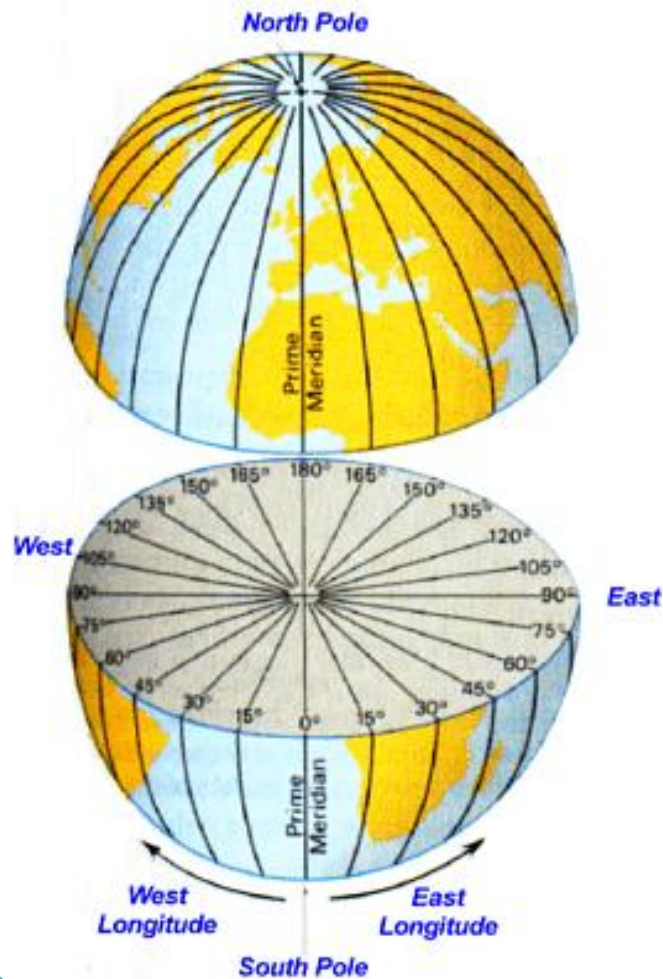
- **Do danas je definisano nekoliko stotina sferoida, u zavisnosti od:**
 - raspoložive tehnologije merenja
 - područja na planeti (npr. Severna Amerika, Afrika)
 - opseg kartiranja (jedna država, kontinent ili ceo svet)
 - politička pitanja (npr. Varšavski pakt vs. NATO)
- **Veličina Zemlje:**
 - poluprečnik na ekvatoru: 6,378km
 - poluprečnik na polovima: 6,357km
 - (spljoštenost iznosi oko 21km na polovima)

Koji sferoid?

Najpoznatiji sferoidi su:

- Everest (Ser Džordž) 1830
 - jedan od najranijih sferoida; Indija
 - $a=6,377,276\text{m}$ $b=6,356,075\text{m}$ $f=1/300.8$
- Clarke 1886 za Severnu Ameriku
 - osnova za kartiranje USGS (United States Geodetic Survey)
 - $a=6,378,206.4\text{m}$ $b=6,356,583.8\text{m}$ $f=1/295$
- GRS80 (Geodetic Ref. System, 1980)
 - trenutna osnova za kartiranje u Srbiji paralelno sa Beselovim sferoidom
 - $a=6,378,137\text{m}$ $b=6,356,752.31414\text{m}$ $f=1/298$
- Hayford ili International (1909/1924)
 - raniji globalni izbor
 - $a=6,378,388$ $b=6,356,911.9\text{m}$
- WGS84 (World Geodetic Survey, 1984)
 - trenutni globalni izbor
 - $a=6,378,137$ $b=6,356,752.31\text{m}$

Geografska dužina i širina: lokacija na sferoidu



Geografska dužina - **meridijani**

Osnovni meridijan je nula: Greenwich, U.K.

Međunarodna datumska linija je 180° E&W

obim kruga: 40,008km

(udaljenost od ekvatora do pola otprilike je 10,000,000 metara)

1 stepen = 110,68 km na ekvatoru

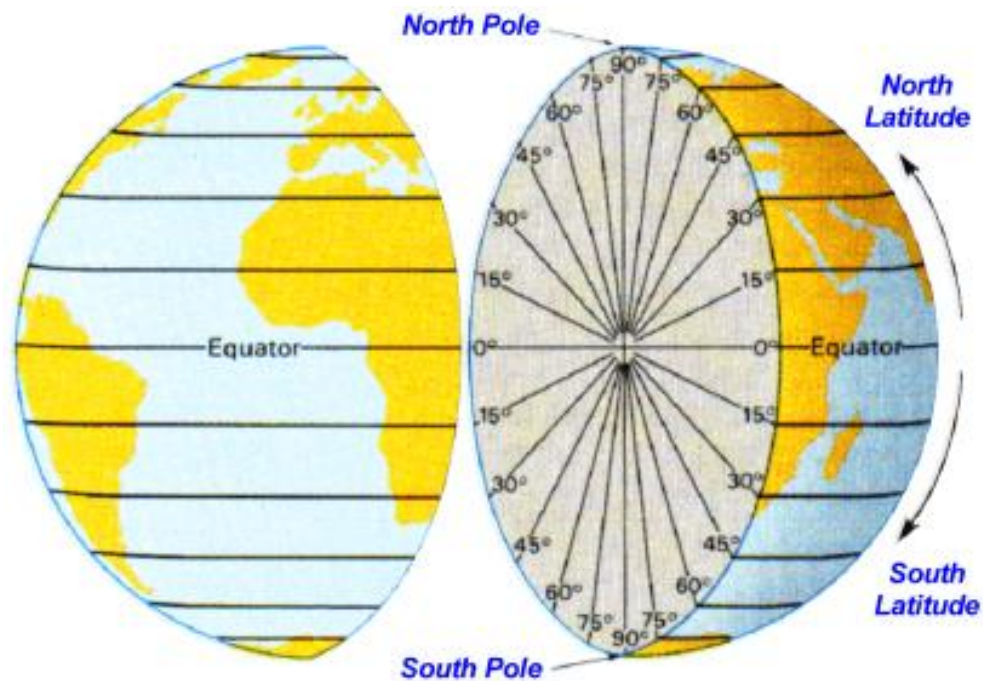
78,39 km na 45N/S

0 km na 90N/S

rastojanja geog. dužine = $\cos(\text{lat})$ * rastojanje jednog stepena geog. Dužine na ekvatoru

(1/2 na 60°, a ne na 45°)

Geografska dužina i širina: lokacija na sferoidu



Geografska širina - **paralele**
ekvator je nula

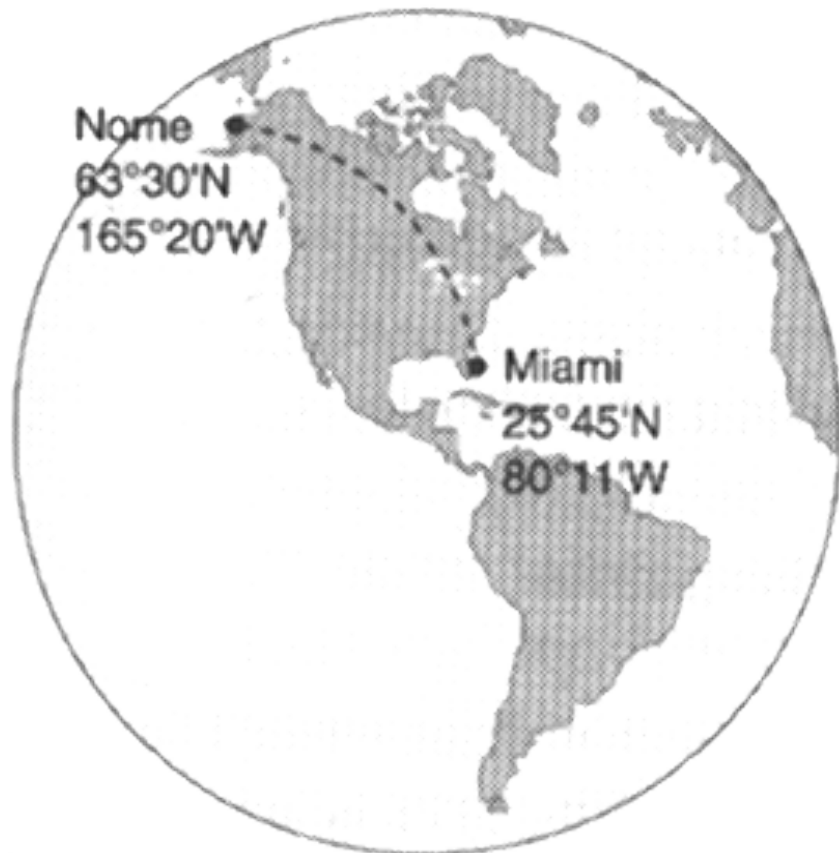
obim kruga: 40,076km

1 stepen= 110,56 km na ekvatoru

111,05 km na polovima

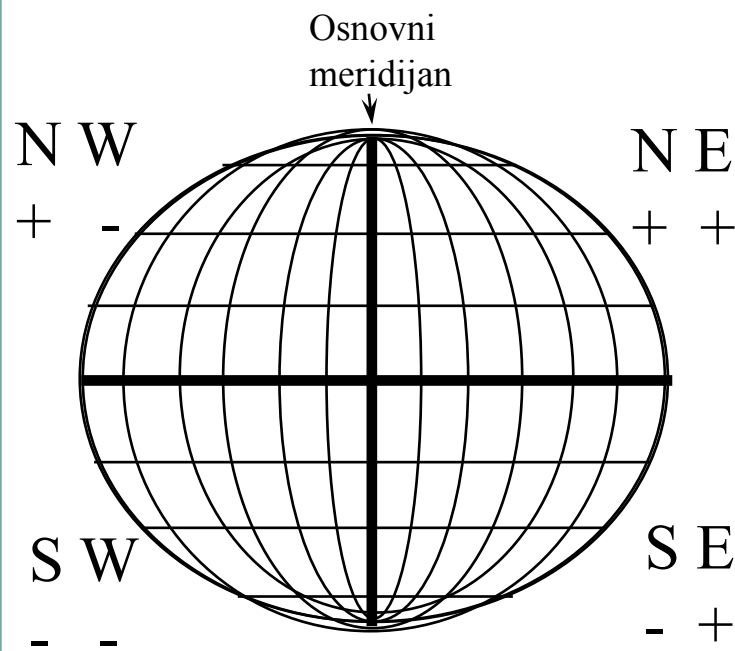
*geografska dužina i
širina za jednu
lokaciju zavise od
izabranog sferioda!*

Rastojanje između dve tačke na globusu



- Rastojanje između dve tačke na globusu se izvodi iz:
 - $\text{Cos } d = (\sin a \sin b) + (\cos a \cos b \cos P)$
- gde je:
 - d = lučno rastojanje
 - a = geog. širina od tačke A
 - b = geog. širina od tačke B
 - P = apsolutna vrednost razlike u geog. dužini tačkaka A i B

Mreža paralela i meridijana



Prilikom unosa podataka potrebno je paziti na znak.
Geog. dužina se nekada zadaje do 360° kako bi se izbegle negativne vrednosti.

Dužina i širina se mere u:

stepenima[°] minutima'' sekundama'
($60' = 1''$ & $60'' = 1^\circ$)

UTD: $32^\circ 59'' 16.0798N$ $96^\circ 44'' 56.9522W$
1 sekunda=30m. otprilike (na ekvatoru)
Decimalni stepeni, su najbolja predstava
geog. širine i dužine za GIS,

$$dd = d^\circ + m''/60 + s''/3600$$

Potrebno je zadržati više decimalnih polja
zbog tačnosti!

6 decimala daju 10cm tačnost

Mreža paralela i meridijana

graticule: mreža linija na karti ili globusu koja predstavlja geografske širine i dužine.

Koordinatni početak je u preseku ekvatora i osnovnog meridijana (0,0).

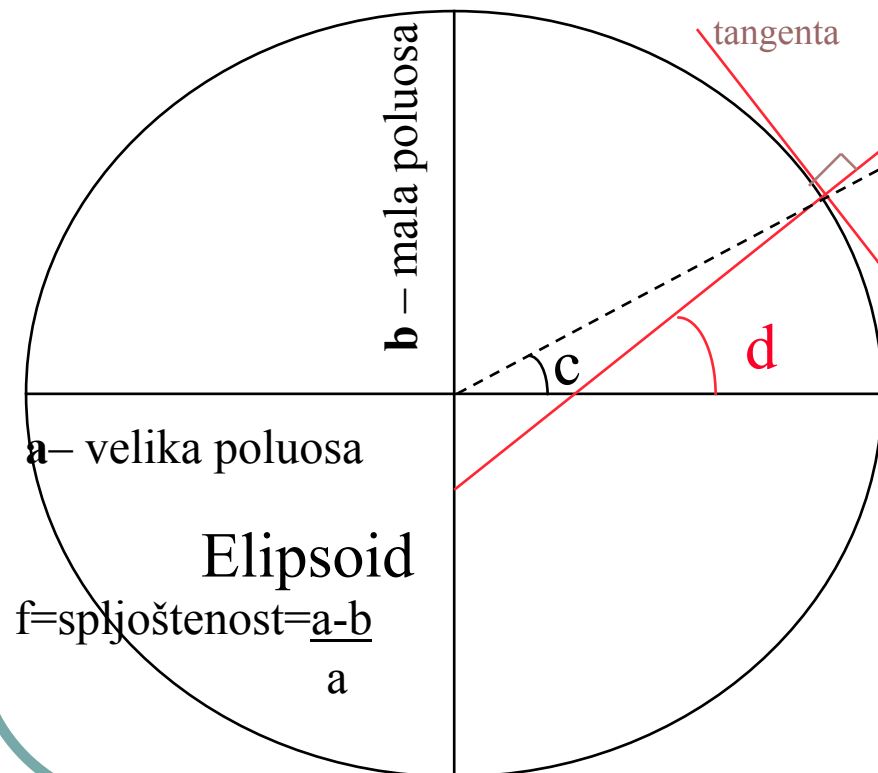
grid: mreža uniformno raspoređenih pravih linija koje se seku pod pravim uglom.

(XY Dekartov koordinatni sistem)

Obično se prvo navodi geografska širina (širina, dužine) za razliku od konvencije usvojene za X,Y Dekartove koordinate

Merenje geografske širine

geodetska širina se uvek koristi.



geodetska širina (d):
ugao vektora normalnog
na površinu elipsoida

geocentrična širina (c):
ugao vektora kroz centar
elipsoida

U slučaju sfere, geodetska
i geocentrična su iste



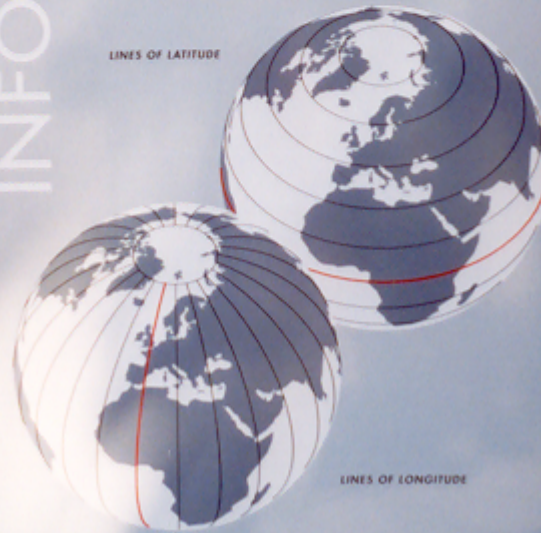
‘... the centre of time and space ...’

The Greenwich Meridian

INFORMATION

The Prime Meridian is an imaginary line running north-south through Greenwich. In 1884 the line was named as the world's Longitude Zero by the International Meridian Conference.

Every position on earth is defined by its longitude (its distance east or west from Greenwich) and its latitude (the distance north or south of the equator). Both latitude and longitude are measured in segments of a circle: degrees°, minutes' and seconds".



N



0°



Datumi

- *Bilo koja numerička ili geometrijska vrednost ili skup takvih vrednosti koje se koriste kao referenca ili osnova za računanje drugih vrednosti*
- *sve horizontalne i vertikalne pozicije su relativne u odnosu na određeni datum*

Datumi

Za geodete (i za GIS)

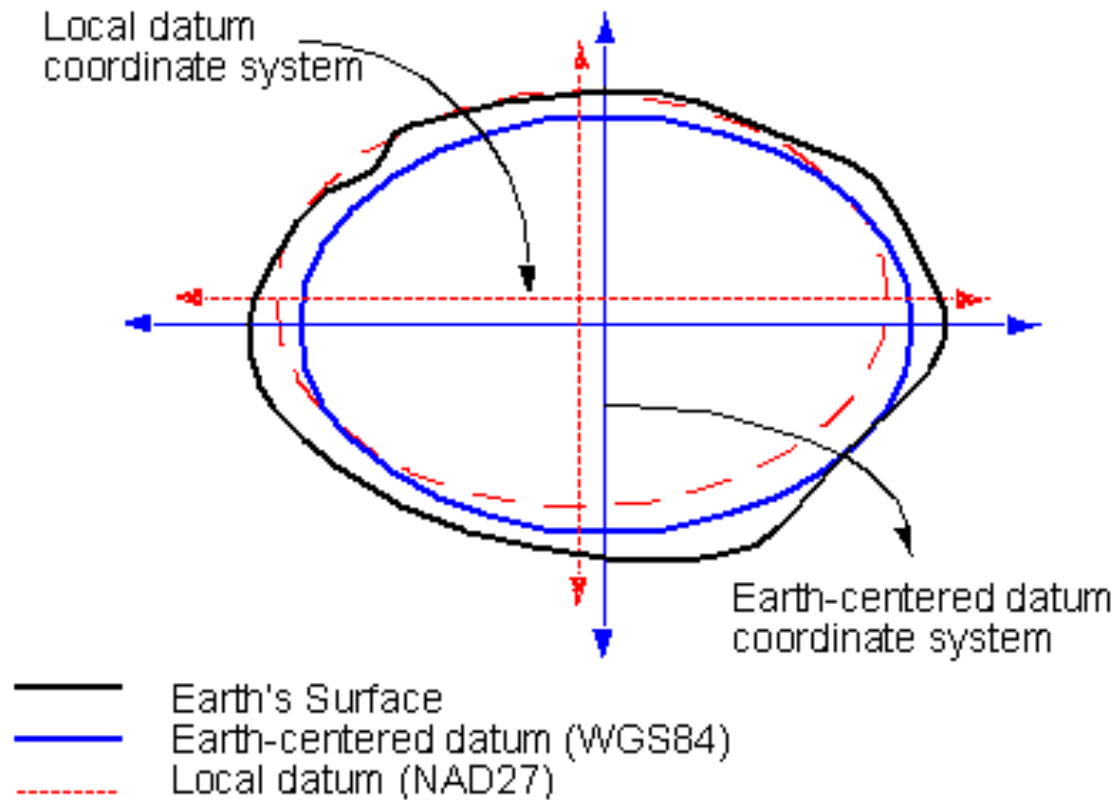
- skup parametara koji definišu koordinatni sistem, uključujući :
 - sferiod (model Zemlje)
 - položaj centra sferioda u odnosu na centar zemlje i orijentacija u odnosu na Zemljinu osu rotacije (vezuje sferiod za Zemlju)

Za lokalnog geodetu

- skup tačaka čija je tačna lokacija i/ili visina utvrđena, koje služe kao referentne tačke preko kojih se određuju lokacije drugih tačaka (horizontalni datum)
- površina u odnosu na koju se mere visine, obično je to “srednji nivo mora” (vertikalni datum)
- tačke su obično obeležene mesinganim pločama i nazivaju se “tačke premera”, za svaku od njih objavljen je identifikacioni broj i precizne koordinate.

Za razliku od sferoida i kartografskih projekcija, nekad ne postoji matematička formula za konverziju između datuma, mada postoje “tabele ekvivalencije”

Datumi



Datumi: primeri

● 1900 US Standard Datum

- Prvi nacionalni datum
- Clark 1866 sferoid
- Početna tačka Meades Ranch, Osborne Cnty, KS (39-13-26.686N 98-32-30.506W)
- Utvrđen je vizualnom triangulacijom
- Približno 2,500 tačaka
- Preimenovan je u North American Datum (NAD), 1913. godine kada su ga usvojili Meksiko i Kanada

● NAD27

- Clark 1866 sferoid
- Početna tačka Meades Ranch
- Vizualna triangulacija
- 25,000 tačaka (250,000 do 1970.)
- NAVD29 (North American Vertical Datum, 1929) utvrdio visine
- Osnova za kartiranje USGS

● NAD83

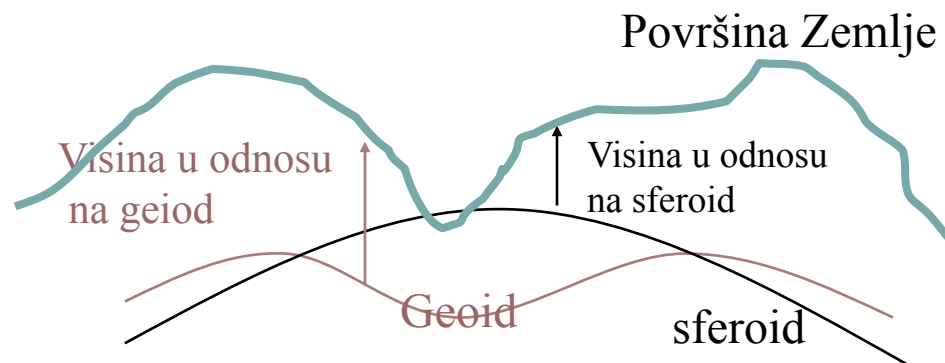
- Satelitska i laserska merenja su ustanovila netačnost NAD27
- Koristi se GRS80 sferoid (funkcionalno ekvivalentan WGS84 ali nije identičan)
- Početna tačka: centar mase Zemlje
- 275,000 tačaka
- “Helmert blocking” tehnikom najmanjih kvadrata je proširena na 2.5 miliona drugih tačaka.
- NAVD88 je doneo vertikalni datum
- Pozicije tačkaka se mogu razlikovati do 160m u odnosu na NAD27, ali je ta razlika retko veća od 30m.

Merenje visina

- do sada je fokus bio na merenju horizontalnih pozicija (“x,y”)
- merenje vertikalnih pozicija ili visina (z) je takođe važno
- Tradicionalne metode koriste “nivelman” za merenje visina u odnosu na srednji nivo mora
 - objavljujane su na standardnim papirnim kartama
 - srednji nivo mora se dobija kao aritmetička sredina osmatranja nivoa mora svakog sata kroz nekoliko decenija
 - srednji nivo mora je različit u zavisnosti od države ili lokacije
 - **Nivelman prati geoid, tako da su visine izražene u odnosu na geoid**

Merenje visina

- **GPS (global positioning systems)** ne zna ništa o geoidu tako da su visine koje on meri izražene u odnosu na sferoid (**obično WGS84**)
- Razlika između njih može biti (i obično jeste) oko 87 metara
 - npr. za područje Teksasa su visine u odnosu na sferoid oko 27 metara niže nego visine u odnosu na geoid



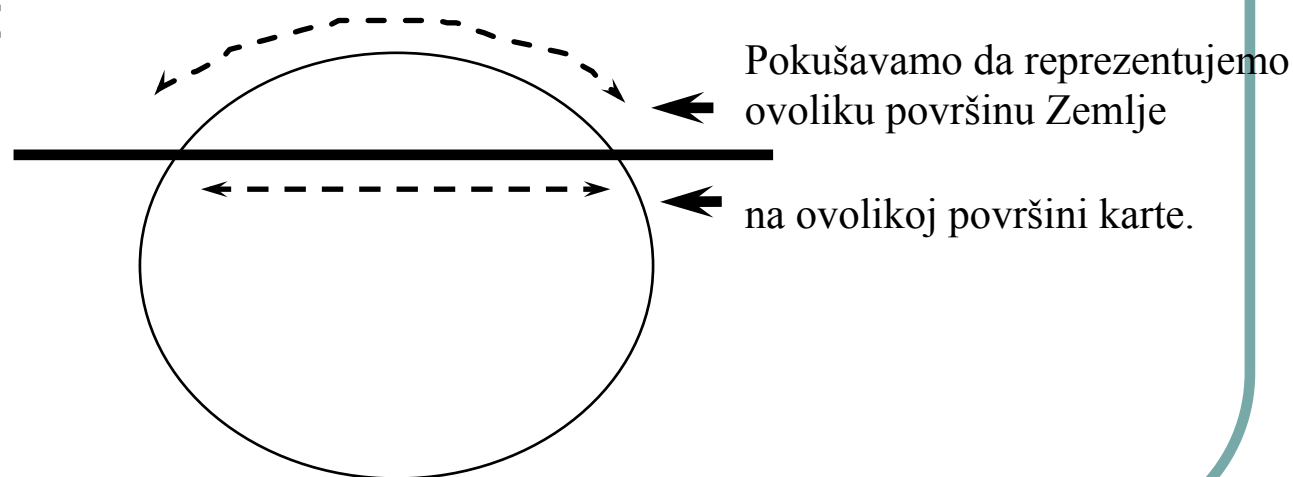
Kartografske projekcije: *koncept*

- Metod kojim se zakrivljena 3D površina Zemlje preslikava na ravnu 2D površinu karte.
- lokacija na 3D modelu Zemlje se iskazuje pomoću geografske širine i dužine;
- lokacija na 2D karti se iskazuje kao x,y Dekartove koordinate
- Za razliku od izbora sferioda, izbor kartografske projekcije ne utiče na promenu koordinata dužine i širine, samo na XY koordinate.

Kartografske projekcije

- zbog toga što pokušavamo da 3D površinu sfere preslikamo na 2D ravan, izobličenja su neizbežna
- zato je, prikaz Zemljine površine na svakoj 2D karti je izobličena (netačan) u odnosu na bar jedno od sledećih parametara:

- površina
- oblik
- rastojanje
- smer

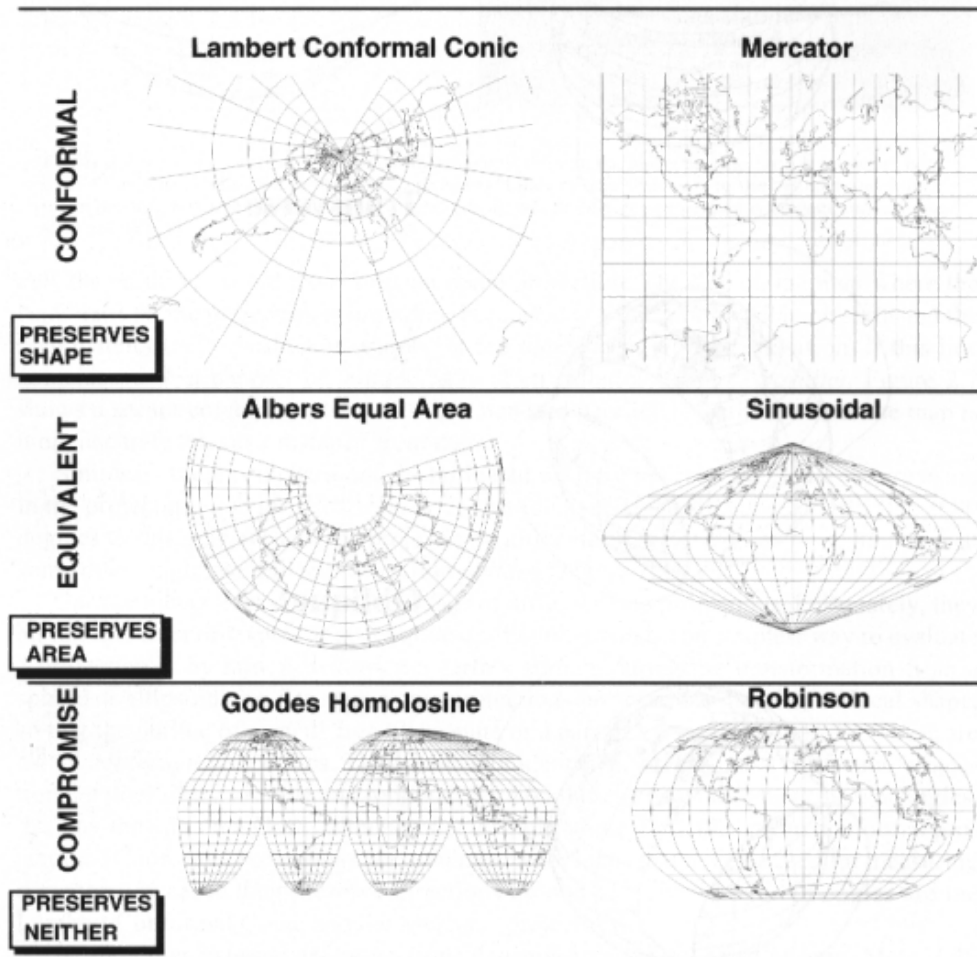


Kartografske projekcije: *klasifikacija*

Klasifikacija u odnosu na očuvanje osobina

- *Equal area projekcije* zadržavaju površine objekata (popularne u GIS)
- *Konformne projekcije* zadržavaju oblik malih objekata (dobre za prezentacije), i prikazuju lokalne pravce korektno (korisne za obalsku navigaciju!)
- *Equidistant projekcije* zadržavaju rastojanja (razmere) do objekata od jedne tačke ili duž jedne ili više linija
 - razmera nikada ne može biti korektna u svakoj tački karte
- *True direction projekcije* zadržavaju pravce bilo lokalno (tada je reč o konformnim projekcijama) ili od centra karte.

Klasifikacija u odnosu na očuvanje osobina



Kartografske projekcije: *klasifikacija*

- **Klasifikacija u odnosu na korišćen geometrijski model**
- *Planarna/Azimutalna/Zenitalna*: površina sfere se preslikava na ravan karte koja je tangentna (dodiruje) na sferu u jednoj tački
- *Konusna*: površina sfere se preslikava na površinu konusa koji je dodiruje
 - duž jedne linije ili
 - preseca kroz sferu duž dve linije (obično kroz paralele geog. širine)
 - zatim se konus razvija da bi se dobila “ravna karta”
- *Cilindrična*: površina sfere se preslikava na površinu cilindra koji opet
 - može biti tangentan duž jedne linije,
 - ili da preseca sferu duž dve linije
 - zatim se cilindar razvija da bi se dobila “ravna karta”

Azimutalne projekcije



Polar

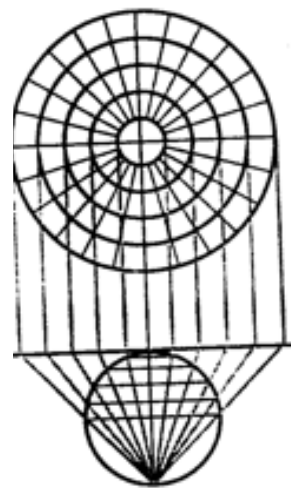


Equatorial

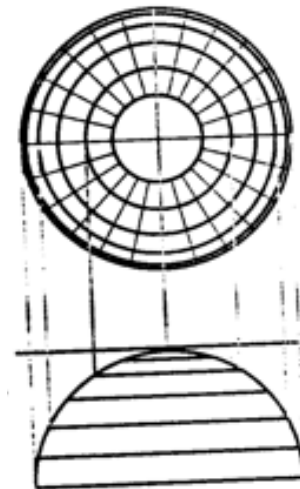


Oblique

Mogući izvori



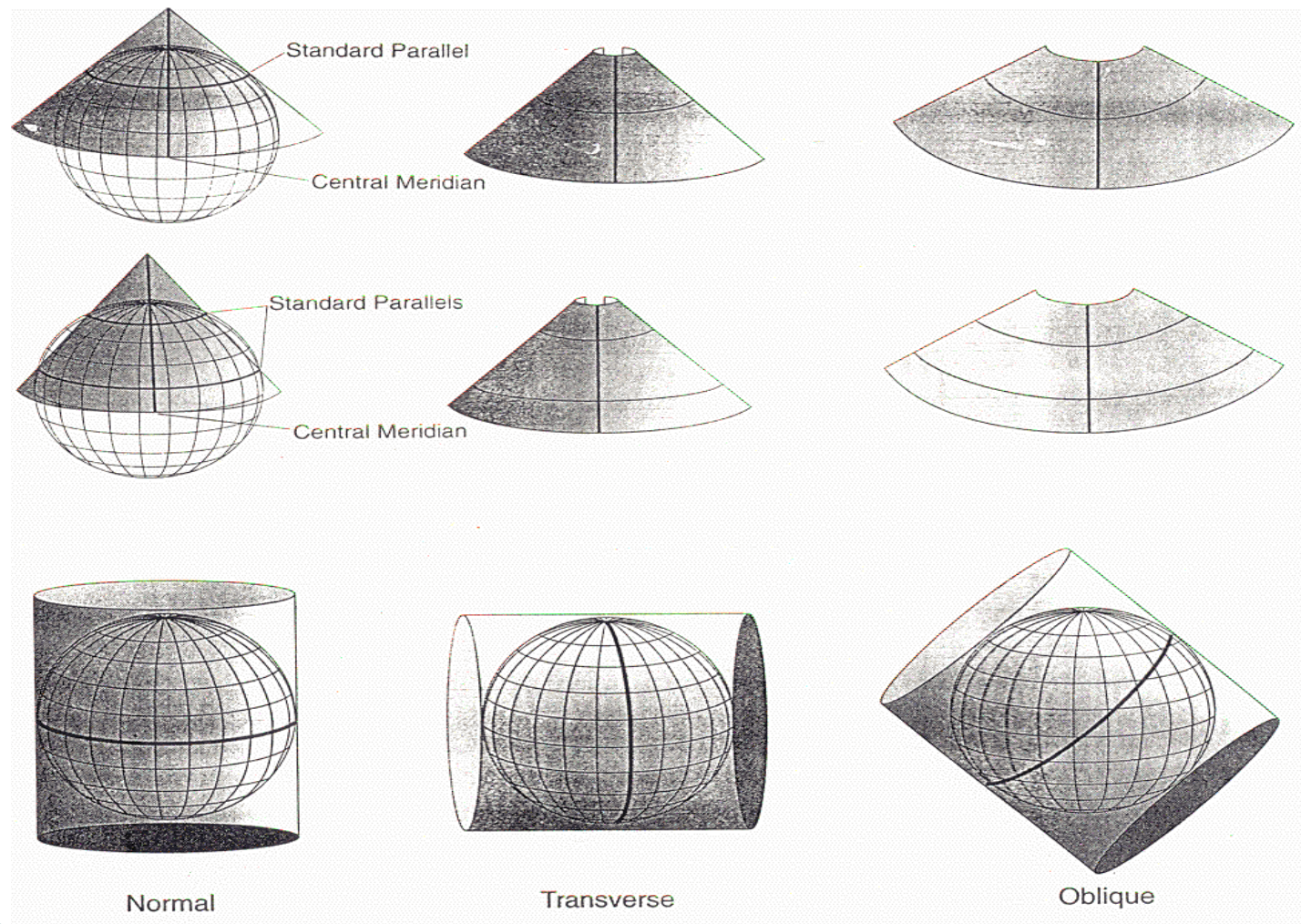
Stereographic



Orthographic

ne projekcije

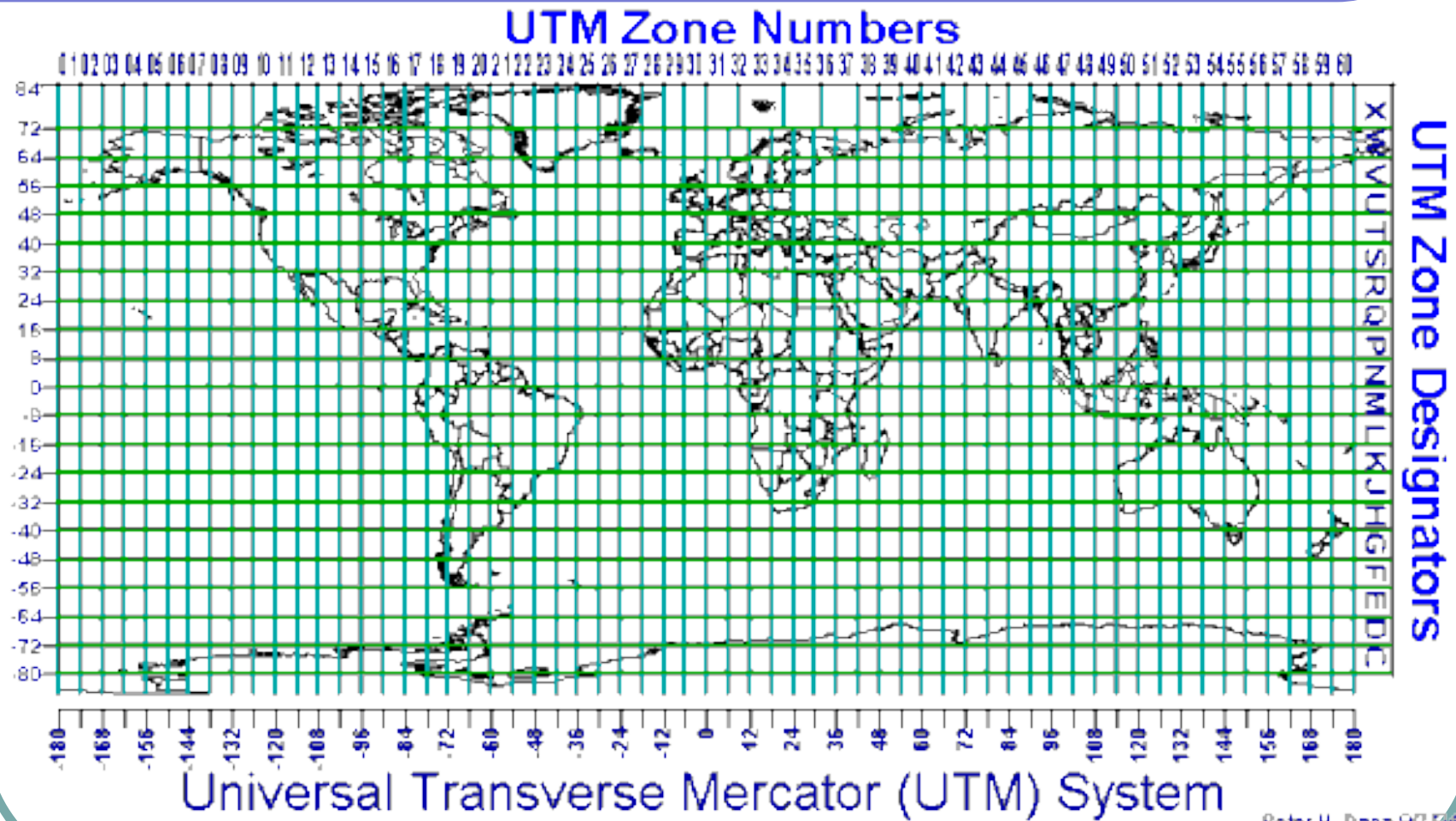
Konusne i cilindrične projekcije



Universal Transverse Mercator (UTM)

- usvojena je od vojske SAD 1947. godine za karte krupnih razmera širom sveta
- koristi se u opsegu geografskih širina od 84°N do 80°S ; Universal Polar Stereographic (UPS) se koristi u polarnim područjima
- globus je podeljen u 60 N/S zone, svaka 6° široka; i svaka je označena brojem o 1 do 60 idući istočno od 180-og meridijana
- svaka zona je podeljena u 20 pojasa širine 8° označenih od C do X počevši od južnog pola (oznake O i I su preskočene)
- meridijan koji prolazi kroz centar svake zone se naziva centralni meridijan i cilindrična projekcija je izvršena za svaku zonu

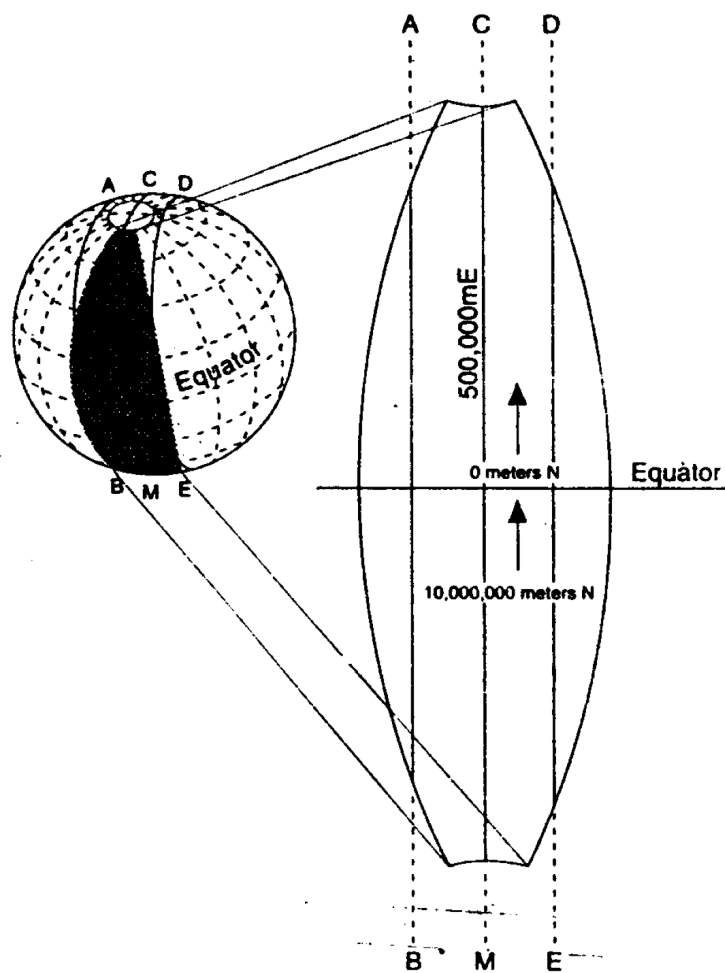
UTM Zone



Universal Transverse Mercator (UTM)

- faktor razmere na centralnom meridijanu je umanjen za 0.9996 da bi se minimizovale varijacije u razmeri unutar zone
- koordinatni početci su postavljeni:
 - **za Y:** na ekvatoru za severnu hemisferu; i 10,000,000m južno od ekvatora za južnu hemisferu.
 - **za X:** na 500,000m zapadno od centralnog meridijana
 - tako da ne postoje negativne vrednosti unutar zone, i centralni meridijan je na koordinati 500,000m istočno od koord. početka
- vojska koristi drugačiji sistem za koordinate lokacija, deleći svaku UTM zonu u kvadrate 10km x 10km i označavajući svaki od njih sa dva slova

UTM Konzept



Kartografske projekcije: kritični parametri

Da bi se ispravno koristio bilo koji skup projektovanih podataka u GIS-u sledeće kritične informacije (metapodaci) su zahtevani kao minimum

- **Datum** (potreban i za podatke date u obliku geog. dužina i širina)
- **Tip projekcije** (Merkatorova, Lambertova konformna konusna, itd.)

- **Parametri projekcije**

Za konusne i cilindrične

- Centralni meridijan
- Standardna paralela (za tangentne)
 - dve standard paralele za sečice
- koordinatni početak koordinatnog sistema (često izražen kao *lažni istok & sever*)

Za azimutalne

- tačka dodira

- **Jedinice merenja**

- stope, metri, itd.

Sve ove informacije moraju biti označene na svakoj odštampanoj mapi ili smeštene u metapodatke za digitalni fajl

Napomena: termin geografska projekcija se često koristi da označi podatke sa koord. datim kao geog. širina i dužina.

Izbor kartografske projekcije

- **Pitanja koja treba razmotriti:**

- veličina površine koja se kartira: grad, region, država ili svet?
- lokacija: polovi, ekvator, negde na sredini?
- oblik površine koja se kartira: više u pravcu istok-zapad, više u pravcu sever-jug, ili nešto između?

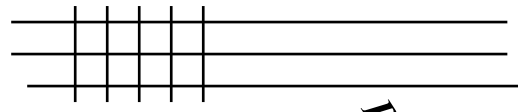
- **Pravila**

- Izaberite jednu projekciju kao standard za vašu organizaciju i čuvajte sve podatke na taj način
- Ako je moguće čuvajte podatke i u obliku geog. širina/ dužina u GIS bazi podataka
- Za male površine projekcija je manje kritična, a datum je više kritičan; obrnuto je za velika područja
- Koristite equal-area projekcije za tematske ili distributivne karte, i kao generalni izbor za GIS
- Koristite konformne projekcije u prezentacijama
- Za navigacione aplikacije potrebne su tačne udaljenosti i pravci

Merenje pozicija na Zemlji

Gde sam ja?

Geografska širina, dužina i visina se razlikuju s obzirom koji se sferiod koristi.



Projekcija

X-Y koordinate

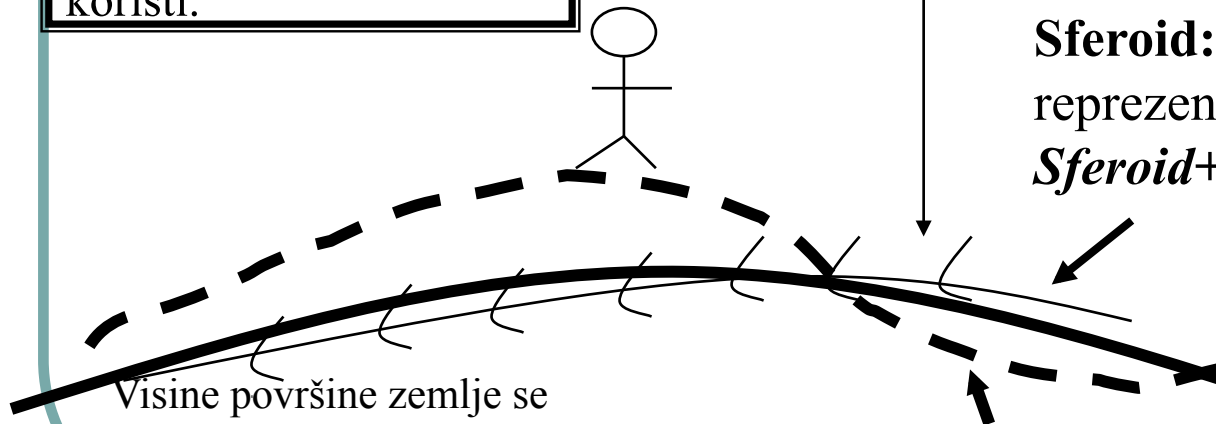
--dobijene su projekcijom geografskih koordinata
--predstavljaju poziciju na 2D površini karte

Linije geografske širine i dužine

--nacrtane su na sferoidu
--utvrđuju poziciju na 3D sferoidu

Sferoid: "matematički model koji reprezentuje geoid"

Sferoid+tačka vezivanja=datum



Visine površine zemlje se mogu meriti u odnosu na:

- geoid (tradicionalni premer)
- sferoid (GPS)

Površina Zemlje:

Geoid:

--linija jednake gravitacije
--srednji nivo mora

Srbija: državni referentni sistem

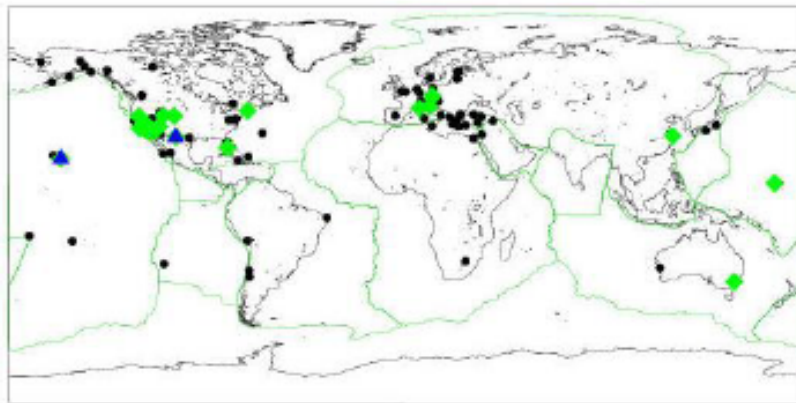
- U okviru državnog referentnog sistema definišu se sledeći referentni sistemi:
 - prostorni (trodimenzionalni) referentni sistem;
 - horizontalni (dvodimenzionalni) referentni sistem;
 - vertikalni (jednodimenzionalni) referentni sistem;
 - gravimetrijski referentni sistem;
 - astronomski referentni sistem.

Prostorni referentni sistem

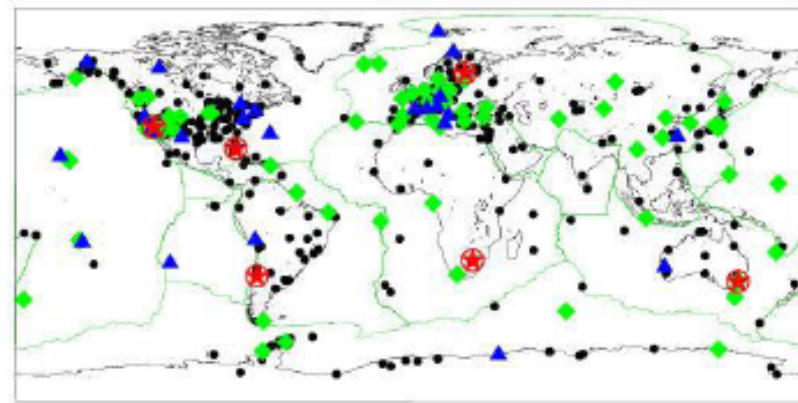
- terestrički trodimenzionalni koordinatni sistem koji se po definiciji koordinatnog početka, orijentacije koordinatnih osa, razmere, jedinice dužine i vremenske evolucije, podudara sa međunarodnim terestričkim referentnim sistemom ITRS (International Terrestrial Reference System) usvojenim od strane Međunarodne geodetske asocijacije.
- Položaji tačaka i objekata u prostornom koordinatnom referentnom sistemu izražavaju se u trodimenzionalnim, pravouglim, pravolinijskim koordinatama X , Y , Z .

International Terrestrial Reference System

- ITRS predstavlja skup tačaka sa njihovim 3D koordinatama koje realizuju idealan referentni sistem.
- Utvrđen je merenjima pomoću različitih metoda:
 - Very Long Baseline Radio Interferometry (VLBI)
 - Lunar Laser Ranging (LLR)
 - The Global Positioning System (GPS)
 - Satellite Laser Ranging (SLR)
 - Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS)



●1 ●2 ▲3
Collocated techniques --> 20 2



●1 ●2 ▲3 ●4
Collocated techniques --> 70 25 6

Prostorni referentni sistem

- Položaji tačaka i objekata u prostornom koordinatnom referentnom sistemu mogu se izražavati i trodimenzionalnim, pravouglim, krivolinijskim koordinatama, odnosno geodetskom širinom (B), dužinom (L) i visinom (h).
- U tom slučaju koordinate se odnose na dvoosni obrtni elipsoid geodetskog referentnog sistema GRS80 (Geodetic Reference System 80) čija velika poluosa (a) i spljoštenost (f) imaju sledeće numeričke vrednosti:
 - $a = 6378137.0$ m;
 - $f = 1 : 298.257222101$

Horizontalni referentni sistem

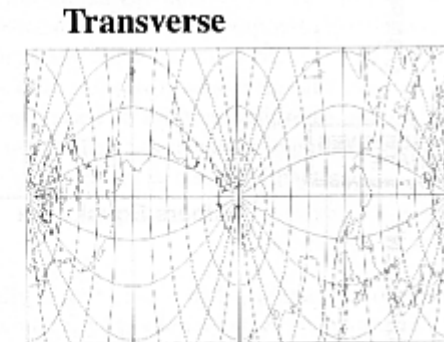
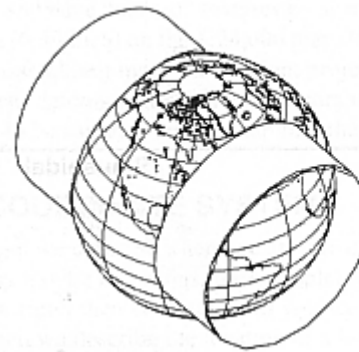
- dvodimenzionalni koordinatni podskup prostornog referentnog sistema.
- Položaji tačaka i objekata u horizontalnom referentnom sistemu izražavaju se dvodimenzionalnim, pravouglim, krivolinijskim koordinatama, odnosno geodetskom širinom i dužinom u odnosu na referentni dvoosni obrtni elipsoid geodetskog referentnog sistema GRS80.
- Položaji tačaka i objekata u horizontalnom referentnom sistemu mogu se izražavati dvodimenzionalnim, pravouglim, pravolinijskim koordinatama u ravni konformne UTM projekcije elipsoida GRS80, koja je za teritoriju Republike Srbije definisana sledećim parametrima:
 - broj zone: 34;
 - širina zone: 6° ;
 - centralni meridijan: 21° ;
 - razmera duž centralnog meridijana: 0.9996;
 - apscisna konstanta: 500000m.

Horizontalni referentni sistem

- Do prelaska na novi horizontalni referentni sistem u Republici Srbiji, horizontalni položaji tačaka i objekata izražavaju se dvodimenzionalnim koordinatama u odnosu na Beselov elipsoid i ravan konformne Gaus Krigerove projekcije.
- Numeričke vrednosti velike poluose (a) i spljoštenosti (f) Beselovog elipsoida iznose:
 - $a = 6377397.155\text{m}$;
 - $f = 1 : 299.152812853$.
- Gaus Krigerova projekcija definisana je za teritoriju Republike Srbije sledećim parametrima:
 - brojevi zona: 6 i 7;
 - širina zone: 3° ;
 - centralni meridijani: 18° i 21° ;
 - razmera duž centralnih meridijana: 0.9999;
 - apscisna konstanta: 500000m.

Gaus Krigerova projekcija: karakteristike

- equal area
- konformna
- otkrivena od strane Lamberta 1772
- prvobitno je bila primenjena na sferu
- modifikovana je za sferoid od strane Gausa 1822. i Krigera 1912.
- koristi se za topografsko kartiranje



Vertikalni referentni sistem

- Vertikalni referentni sistem predstavlja jednodimenzionalni koordinatni podskup definisanog prostornog referentnog sistema, odnosno referentna površ u odnosu na koju se izražavaju visine.
- Vertikalni referentni sistem koji se zasniva na elipsoidnoj referentnoj površi označava se kao geometrijski.
- Položaji tačaka i objekata u geometrijskom vertikalnom referentnom sistemu Republike Srbije izražavaju se jednodimenzionalnim koordinatama, odnosno geodetskim visinama u odnosu na referentni dvoosni obrtni elipsoid geodetskog referentnog sistema GRS80.
- Kao izabrana referentna površ na koju se odnose geodetske visine može se koristiti i Beselov elipsoid.

Vertikalni referentni sistem

- Vertikalni referentni sistem koji se zasniva na referentnoj površi definisanoj u realnom zemljinom gravitacionom polju označava se kao prirodni.
- U Republici Srbiji, referentnu površ prirodnog vertikalnog referentnog sistema predstavlja površ **kvazigeoida**.
- Površ kvazigeoida definiše se kao površ u čijoj je svakoj tački vertikalno rastojanje do referentnog dvoosnog obrtnog elipsoida geodetskog referentnog sistema GRS80, jednako rastojanju između tačke fizičke površi Zemlje i tačke na istoj normalni u kojima realni i normalni potencijal zemljinog gravitacionog polja imaju istu vrednost.
- Položaji tačaka i objekata u prirodnom vertikalnom referentnom sistemu Republike Srbije izražavaju se jednodimenzionalnim koordinatama, odnosno normalnim visinama u odnosu na površ kvazigeoida.

Gravimetrijski referentni sistem

- Sistem u kojem se vrše gravimetrijska određivanja apsolutnog i relativnog ubrzanja sile zemljine teže i računanja gravimetrijskih veličina.
- Gravimetrijski referentni sistem definišu sledeći referentni sistemi:
 - referentni sistem gravimetrijskih određivanja;
 - referentni sistem normalnog gravitacionog polja.

Gravimetrijski referentni sistem

- Referentni sistem gravimetrijskih određivanja definisan je realnim gravitacionim poljem Zemlje, odnosno svakom pojedinačno određenom vrednošću apsolutnog ubrzanja sile zemljine teže.
- Za referentni sistem gravimetrijskih određivanja u Republici Srbiji usvaja se sistem međunarodne standardne gravimetrijske mreže IGSN71 (International Gravity Standardization Network 71).

Gravimetrijski referentni sistem

- Referentni sistem normalnog gravitacionog polja definiše normalno telo Zemlje, koje je istovremeno i njena realizacija.
- Za normalno telo Zemlje, u Republici Srbiji usvaja se nivoski elipsoid geodetskog referentnog sistema GRS80 čija geocentrična gravitaciona konstanta (GM), dinamički faktor spljoštenosti (J_2) i uglovna brzina rotacije (w) imaju sledeće numeričke vrednosti:
 - $GM = 398600.5 \times 10^9 \text{m}^3 \text{s}^{-2}$;
 - $J_2 = 1082.63 \times 10^{-6}$;
 - $w = 7.292115 \times 10^{-5} \text{rad s}^{-1}$.

Astronomski referentni sistem

- Inercijalni trodimenzionalni koordinatni sistem koji se po definiciji koordinatnog početka, orijentacije koordinatnih osa, razmere, jedinice dužine i vremena, vremenske evolucije i usvojenih teorija i fundamentalnih konstanti podudara sa međunarodnim inercijalnim referentnim sistemom ICRS (International Celestial Reference System) usvojenim od strane Međunarodne geodetske asocijacije.
- Za teoriju i parametre koji određuju vezu između međunarodnog inercijalnog referentnog sistema i međunarodnog terestričkog referentnog sistema usvajaju se definicije i vrednosti koje objavljuje Međunarodna služba za zemljinu rotaciju IERS (International Earth Rotation Service).



Koordinatni sistemi i projekcije na području Srbije



- Prostorni kordinatni sistemi
- Gaus Krigerova projekcija
- Globalni koordinatni sistem WGS 84
- Realizacija projekcija na području Srbije

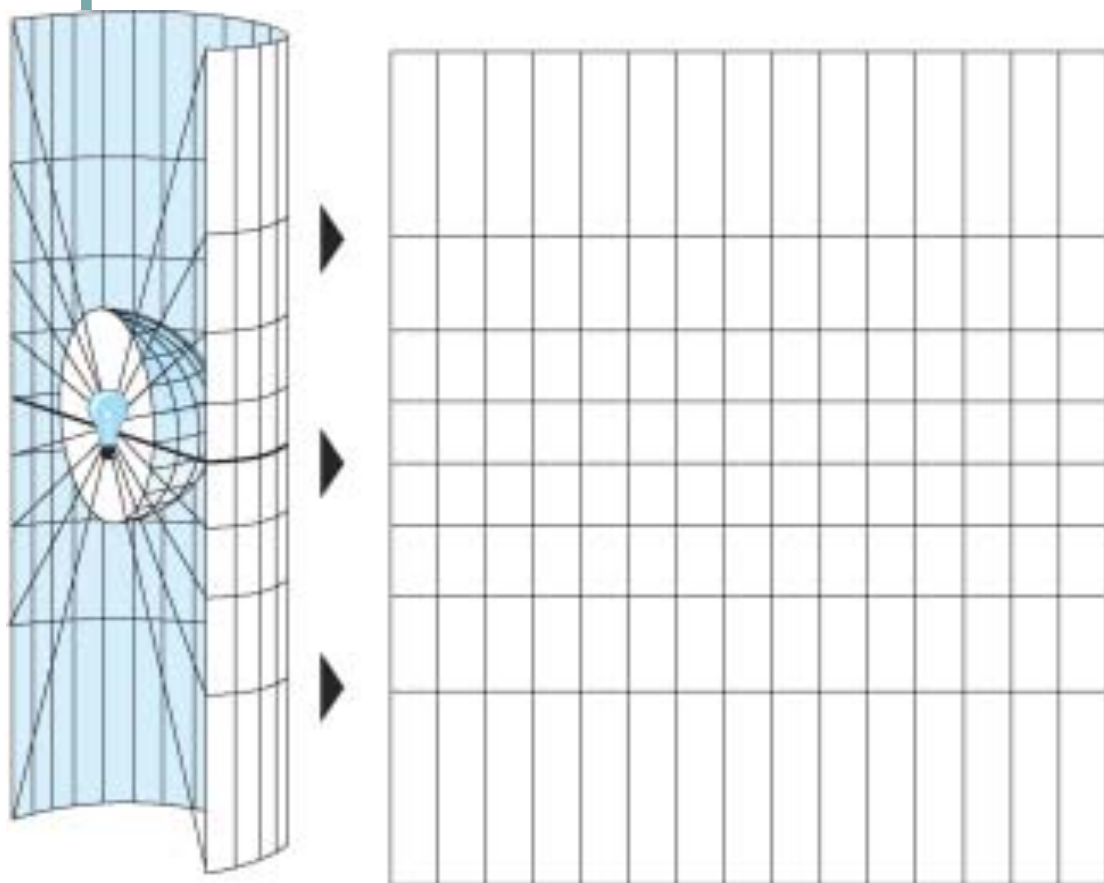
Geografski koordinatni sistemi

- Faktor spljoštenosti se definiše kao $f = \frac{a - b}{a}$
- a – velika poluosa
- b – mala poluosa
- $a = 6378137.0$ m
- $1/f = 298.257223563$
- Kvadrat ekcentriciteta $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$

Geografski koordinatni sistemi

- **Datum** definiše poziciju elipsoida relativno u odnosu na centar zemlje.
- Datum određuje centar i orijentaciju paralela i meridijana.
- WGS84 služi kao okvir za lokalna merenja širom sveta. Lokalni datum pozicionira elipsoid da tesno nalegne na površinu zemlje na određenoj površini.

Projekcije



- **Projekcija karte**
- transformacija
zemljine
trodimenzionalne
površi u ravnu
površinu.

Projekcije

- Linearni parametri projekcija:
 - Lažni istok — linearna veličina dodeljena centru X – koordinate.
 - Lažni sever — linearna veličina pridružena centru Y – koordinate.
 - Vrednosti veličina lažnog istoka i severa se biraju tako da vrednosti X i Y budu pozitivne.
 - Faktor skaliranja (linearni faktor) – neimenovani broj pridružen tački u centru ili liniji na projekciji karte, ≤ 1.0 .

Projekcije

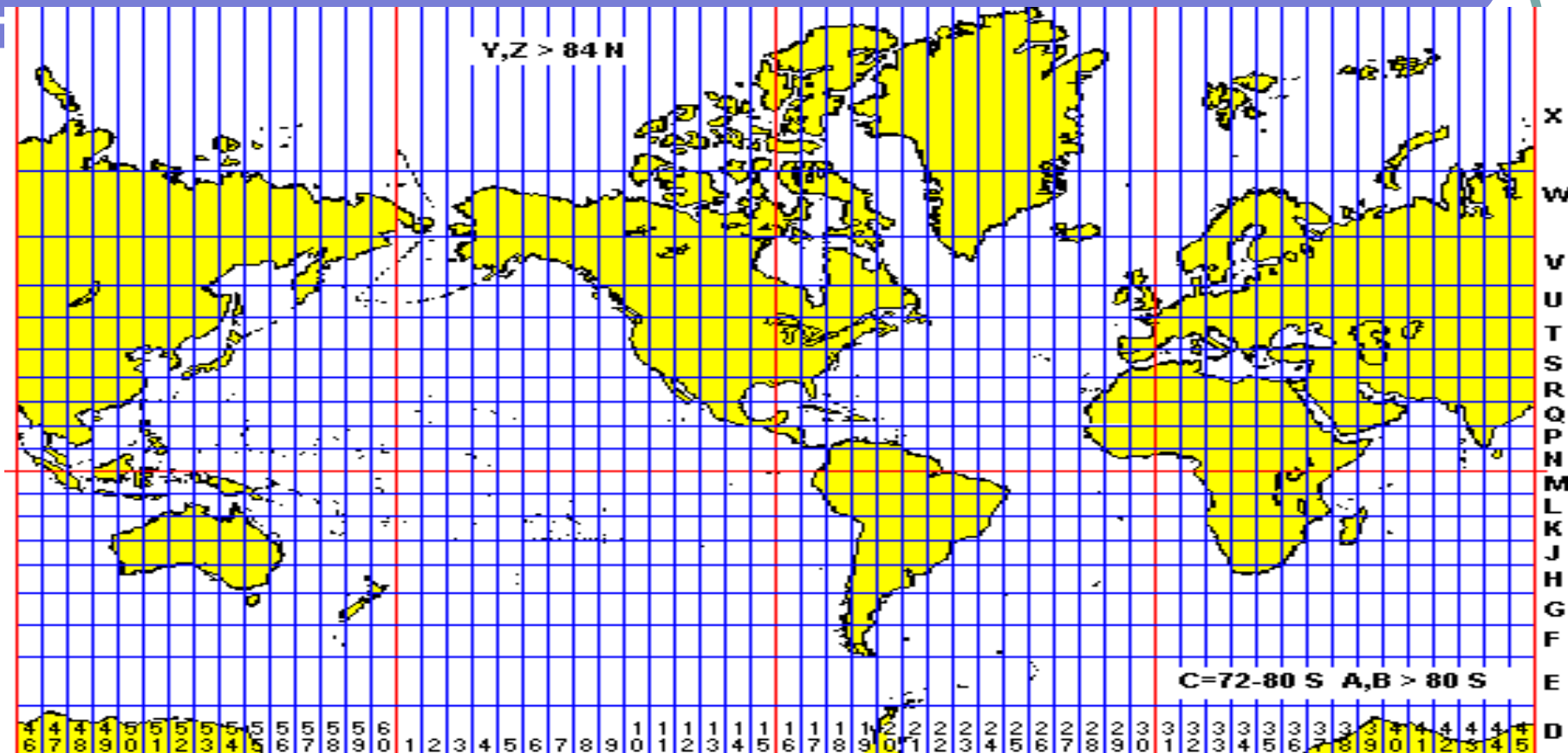
- Ugaoni parametri projekcija

- Azimut — definiše centralnu liniju projekcije. Uglovi rotacije se mere od istoka ka severu.
- Centralni meridijan — Definiše koordinatni početak X – koordinate.
- Meridijan koordinatnog početka — definiše koordinatni početak X – koordinate.
- Centralni meridijan i meridijan koordinatnog početka su sinonimi.
- Centralna paralela — Definiše koordinatni početak Y koordinata.
- Paralela početka — Definiše početak Y koordinate.

Univerzalna poprečna Merkatorova projekcija – UTM

Parametar	Oznaka	Vrednost
Velika poluosa	a	6378137.000m
Faktor spljoštenosti	1/f	298.2572229329
Rotacija po X osi	Rx	0°00'00.00000"
Rotacija po Y osi	Ry	0°00'00.00000"
Rotacija po Z osi	Rz	0°00'00.00000"
Translacija po X osi	Δx	0.000m
Translacija po Y osi	Δy	0.000m
Translacija po Z osi	Δz	0.000m

Univerzalna poprečna Merkatorova projekcija – UTM



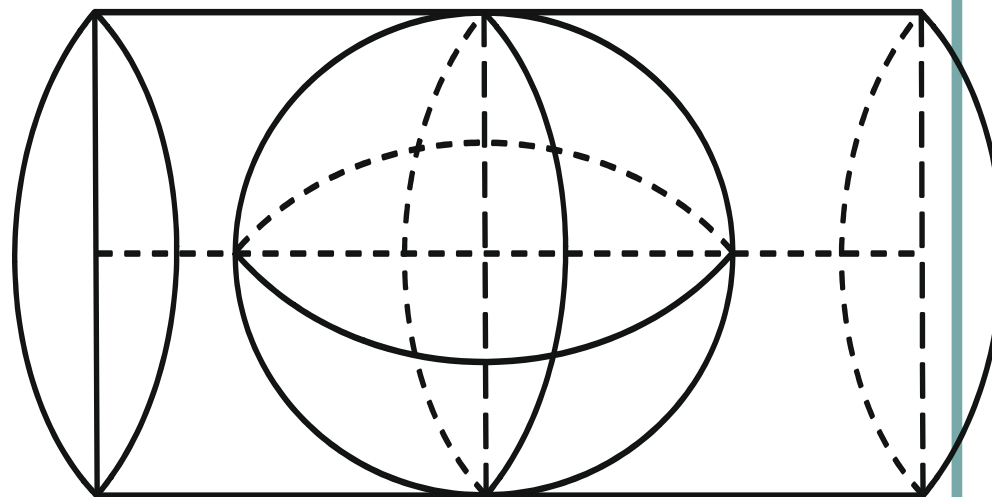
60 južnih i severnih zona širine 6 stepeni geografske dužine (6 meridijana).

Gaus Krigerova projekcija

- Prvi put primenjena početkom XIX veka
- Zemljina površ – geoid se zamenjuje elipsoidom umesto loptom, kako se do tada radilo
- Koristi se Beselov elipsoid
- Geografske dužine se računaju istočno od Griniča.

Gaus Krigerova projekcija

- Centralna, poprečna, cilindrična i komforna projekcija.
- Projekciona površ, koristi se cilindar koji se navlači na zemlju tako da osa cilindra leži u ravni ekvatora.



Gaus Krigerova projekcija

Elipsoid se preslikava na cilindar pod sledećim uslovima:

- Osa cilindra leži u ravni ekvatora.
- Srednji meridijan preslikava se kao prava linija, projekcija meridijana predstavlja X-osu koordinatnog sistema u ravni, a cela projekcija je simetrična.
- Svaki deo X-ose mora stajati u konstantnom odnosu prema odgovarajućem luku meridijana.
- Dodirni meridijan i ekvator se preslikavaju kao prave, međusobno upravne linije.

Gaus Krigerova projekcija

Radi povećanja širine meridijanske zone, oko elipsoida se postavlja cilindar koji Zemlju preseca na 90.18 km od srednjeg (dodirnog) meridijana zone. Time:

- deformacija dužina na srednjem meridijanu zone (X – osi) iznosi -1 dm/km (deformacija je negativna);
- deformacija na 90.18 km od srednjeg meridijana (X – ose) bude ravna nuli;
- deformacija na kraju zone, 120 - 130 km od X – ose bude ispod 1 dm/km (deformacija je pozitivna).

Globalni koordinatni sistem WGS-84

- Koordinatni početak = centar Zemljine mase
- Z – osa = u pravcu i smeru konvencionalnog zemaljskog pola za polarno kretanje, što je definisano od strane Internacionalnog biroa za vreme na osnovu koordinata usvojenih za BIH stanice
- X – osa = u preseku ravni referentnog meridijana koordinatnog sistema WGS84 i ravni ekvatora, definisane od strane Internacionalnog biroa za vreme, na osnovu koordinata usvojenih za BIH stanice.
- Y – osa = 90° istočno od X ose, formira desno orijentisan, geocentričan i geofiksiran (Earth Centered Earth Fixed - ECEF) ortogonalni koordinatni sistem, meren u ravni ekvatora.

Globalni koordinatni sistem WGS-84

PARAMETAR	NAZIV	WGS84
Velika poluosa	a	6378137m
Faktor spljoštenosti	f	1/298.257223563
Ugaona brzina	ω	$7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad} * \text{s}^{-1}$
Geocentrična gravitaciona konstanta (uključena je masa atmosfere)	GM	$398600.5 \text{ km}^3 * \text{s}^{-2}$
Normalizovan koeficijent drugog stepena harmonijskog reda gravitacionog potencijala	C_{20}	$-484.16685 \times 10^{-6}$

Globalni koordinatni sistem WGS-84

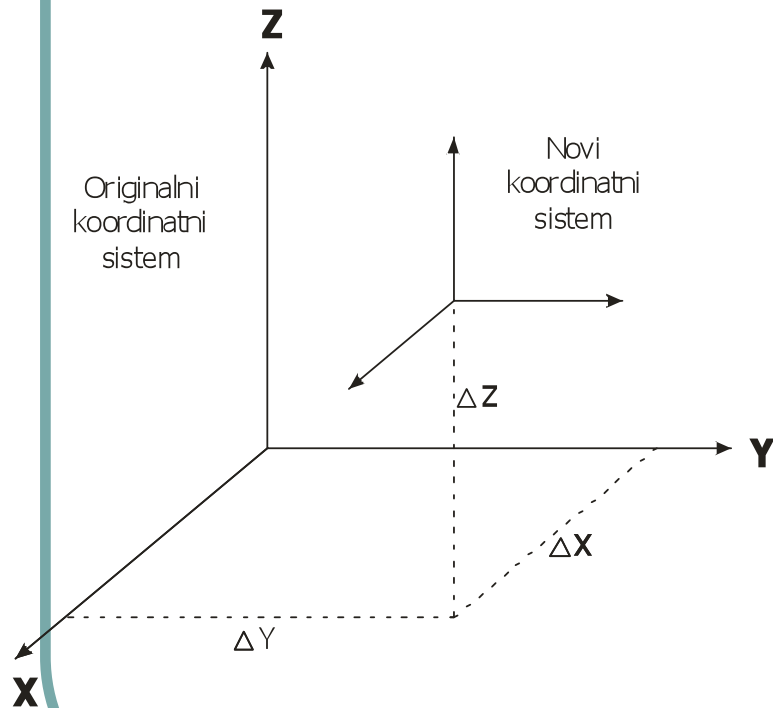
Horizontalna tačnost (1σ): $\sigma_{\varphi} = \sigma_{\lambda} = \pm 1m$

Vertikalna tačnost (1σ): $\sigma_h = \pm 1...2m$

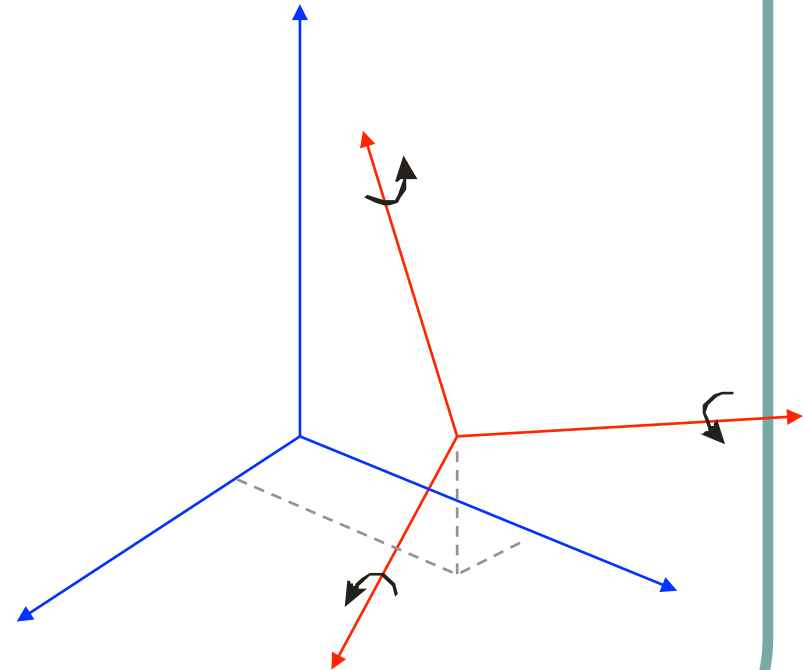
Ove vrednosti grešaka NE TREBA mešati sa centimetarskom tačnošću GPS tehnologije koja se ostvaruje diferencijalnom metodom merenja.

Parametri projekcija na području Srbije

- Troparametarska transformacija parametara



- Sedmoparametarska transformacija parametara



Parametri projekcija na području Srbije

Gaus Krigerova projekcija, sedma zona

<i>Parametar</i>	<i>Oznaka</i>	<i>Vrednost</i>
Velika poluosa	a	6377397.155m
Faktor spljoštenosti	1/f	299.1528125448
Rotacija po X osi	Rx	0°00'04.910687"
Rotacija po Y osi	Ry	0°00'03.003308"
Rotacija po Z osi	Rz	-0°00'11.094034"
Translacija po X osi	Δx	-534.787m
Translacija po Y osi	Δy	-133.682m
Translacija po Z osi	Δz	-501.482m
Faktor razmere	Rm	-1.15673966ppm

Parametri projekcija na području Srbije

- Parametri transformacije za područje Bačke

<i>Parametar</i>	<i>Oznaka</i>	<i>Vrednost</i>
Velika poluosa	a	6377397.155m
Faktor spljoštenosti	1/f	299.1528125
Rotacija po X osi	Rx	0°00'06.4672"
Rotacija po Y osi	Ry	0°00'01.511810"
Rotacija po Z osi	Rz	-0°00'11.204740"
Translacija po X osi	Δx	-512.191m
Translacija po Y osi	Δy	-152.420m
Translacija po Z osi	Δz	-403.028m
Faktor razmere	Rm	-13.84156ppm

Parametri projekcija na području Srbije

- Parametri transformacije za UTM projekciju – 34. zona sever

<i>Parametar</i>	<i>Oznaka</i>	<i>Vrednost</i>
Velika poluosa	a	6378137.000m
Faktor spljoštenosti	1/f	298.2572229329
Rotacija po X osi	Rx	0°00'00.00000"
Rotacija po Y osi	Ry	0°00'00.00000"
Rotacija po Z osi	Rz	0°00'00.00000"
Translacija po X osi	Δx	0.000m
Translacija po Y osi	Δy	0.000m
Translacija po Z osi	Δz	0.000m
Faktor skaliranja	r	0.9996

Koordinate u različitim projekcijama

Korišćena projekcija	Sever/ Geografska širina	Istok/ Geografska dužina	Nadmorska visina
Gaus Kriger/ Bačka	5011786.229	7410024.120	76.136
UTM	5010791.506	409621.248	76.156
WGS 84	45°14'41.48445"N	19°51'13.34408"E	76.752