

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

# **PROMETNI GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI**

prof. dr. sc. Hrvoje Gold  
2009/2010

1

PROMETNI GEOINFORMACIJSKI SUSTAVI

## **02. KOORDINATNI SUSTAVI I PROJEKCIJE**

2

## Koordinatni sustavi i projekcije

- Uvod
- Zemljopisni koordinatni sustav
- Kartografske projekcije
- Opće korištene kartografske projekcije
- Projekcijski koordinatni sustavi
- Rad s kartografskim sustavima u GIS-u

3

## Uvod ...

- Osnovno načelo rada GIS-a
  - kartografski slojevi moraju biti poravnati
  - za poravnanje slojeva služi jedinstveni referentni sustav – koordinatni sustav



Uz različite koordinatne sustave slojevi su neporavnati



Uz isti koordinatni sustav slojevi su poravnati

4

## Uvod ...

- U pravilu se rad u GIS-u provodi na ravninski predstavljenim značajkama
  - značajke na karti prikazuju prostorne značajke na površini Zemlje
    - lokacije značajki na karti su vezane uz ravninski koordinatni sustav izražen pravokutnim (x, y) koordinatama
    - lokacije prostornih značajki na površini Zemlje su vezane uz zemljopisni/geografski koordinatni sustav izražen lučnim koordinatama zemljopisnom duljinom i zemljopisnom širinom
  - kartografska projekcija povezuje ta dva koordinatna sustava
    - projiciranjem se površina Zemlje preslikava u ravninu
    - rezultat je kartografska projekcija spremna za korištenje u projekcijskom koordinatnom sustavu

5

## Uvod ...

- Prikupljene podatke je prije korištenja potrebno
  - projicirati
    - pretvoriti iz zemljopisnih koordinata u projicirane koordinate
  - reprojicirati
    - pretvoriti iz jednog sustava projiciranih koordinata u drugi
  - projiciranje i reprojiciranje su početni zadaci kod korištenja GIS-a

6

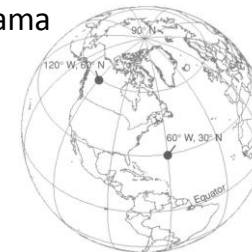
## Koordinatni sustavi i projekcije

- Uvod
- **Zemljopisni koordinatni sustav**
- Kartografske projekcije
- Opće korištene kartografske projekcije
- Projekcijski koordinatni sustavi
- Rad s kartografskim sustavima u GIS-u

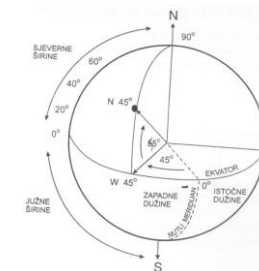
7

## Zemljopisni koordinatni sustav ...

- Zemljopisni koordinatni sustav
  - referentni sustav za utvrđivanje mjesta značajke u na površini Zemlje
  - zemljopisni koordinatni sustav zasnovan na lučnim mjerama



Zemljopisni koordinatni sustav

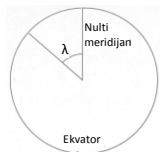
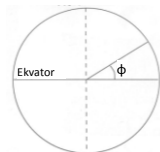


Zemljopisni koordinatni sustav

8

## Zemljopisni koordinatni sustav ...

- Mjesto/lokacija značajke u prostoru određena
  - zemljopisnom duljinom (longitude)
    - kutom ( $\lambda$ ) lokacije istočno ili zapadno od nultog meridijana
  - zemljopisnom širinom (latitude)
    - kutom ( $\phi$ ) lokacije sjeverno ili južno od ravnine ekvatora

Zemljopisna duljina izražena kutom  $\lambda$ Zemljopisna širina izražena kutom  $\phi$ 

9

## Zemljopisni koordinatni sustav ...

- Meridijan
  - linija koja spaja zemljine zemljopisne polove
  - sva mjesta koja imaju istu vrijednost zemljopisne duljine nalaze se na istom meridijanu
  - nulti meridijan prolazi kroz opservatorij Greenwich kraj Londona – očitava se kao  $0^\circ$
  - korištenjem nultog meridijana kao ishodišta
    - vrijednost zemljopisne duljine točke na zemljinoj površini se mjeri u rasponu kutova od
      - $0^\circ$  do  $180^\circ$  istočno ili zapadno od nultog meridijana
  - meridijani služe za mjerenje lokacija u smjeru
    - istok (East) – zapad (West)

10

## Zemljopisni koordinatni sustav ...

- Paralela (usporednica)
  - kružnica koja spaja sve točke iste zemljopisne širine na površini Zemlje
  - ekvator je zamišljena linija povučena oko Zemlje na jednakoj udaljenosti od polova
    - očitava se kao  $0^\circ$
  - korištenjem ekvatora kao ishodišta
    - vrijednost zemljopisne širine točke na zemljinoj površini se mjeri u rasponu kutova od
      - $0^\circ$  do  $90^\circ$  sjeverno ili južno od ekvatora
  - paralele služe za mjerenje lokacija u smjeru
    - sjever (Nord) – jug (South)

11

## Zemljopisni koordinatni sustav ...

- Nulti meridijan i ekvator
  - ishodišta zemljopisnog koordinatnog sustava
  - označavanje slično ravninskim koordinatama
    - vrijednosti duljine odgovaraju vrijednostima apscise
    - vrijednosti širine odgovaraju vrijednostima ordinate
    - kao i ravninske koordinate i lučne imaju predznak + ili -
      - duljine su pozitivnog predznaka istočno od nultog meridijana, a negativnog predznaka zapadno od nultog meridijana
      - širine su pozitivnog predznaka sjeverno od ekvatora, a negativnog predznaka južno od ekvatora
  - npr. lokacija  $15^\circ$  E,  $45^\circ$  N označava da se lokacija nalazi
    - $15^\circ$  istočno od nultog meridijana i  $45^\circ$  sjeverno od ekvatora

12

## Zemljopisni koordinatni sustav ...

- Mjera kuta zemljopisne duljine i širine lokacije može se izraziti
  - stupnjevima minutama i sekundama (degrees-minutes-seconds – DMS)
    - npr. N45° 48' 47.0'' E15° 58' 38.2''
  - stupnjevima i decimalnim minutama
    - npr. N45° 48.784' E15° 58.637'
  - decimalnim stupnjevima (decimal degrees – DD)
    - npr. N45.81307° E15.97729°
  - radijanima (rad)
    - npr. N0.799588912, E0.278856316
  - pretvorba DMS -> DD
    - $45^{\circ} 48' 47.0 \rightarrow (45 + 48/60 + 47/3600) = 45.81307$
  - $1 \text{ rad} = 57.2958^{\circ} - 1^{\circ} = 0.01745 \text{ rad}$

13

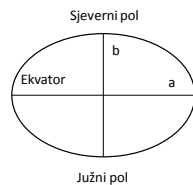
## Približni prikaz Zemlje ...

- Prvi korak kod preslikavanja prostorne značajke na zemljinoj površini na kartu
  - odabrati model koji približno opisuje oblik i veličinu Zemlje
    - kugla/sfera – najjednostavniji model Zemlje
    - elipsoid/sferoid – prikladniji model za opis oblika Zemlje
      - Zemlja nije idealnog oblika kugle
        - » šira je na ekvatoru negoli između polova
      - elipsoid nastaje okretanjem elipse oko manje osi

14

## Približni prikaz Zemlje ...

- Elipsoid je geometrijsko tijelo
  - velika poluos (a) duž ekvatora
  - mala poluos (b) između polova
  - mjera spljoštenosti (f)



$$f = (a - b) / a$$

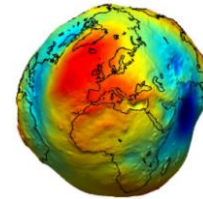
Spljoštenost elipsoida je određena razlikom veličina velike i male poluosi

- Zemljopisne koordinate zasnovane na elipsoidu
  - nazivaju se i geodetskim koordinatama
  - osnovni sustav svih kartografskih projekcija

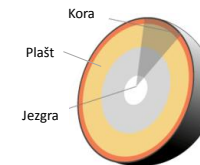
15

## Približni prikaz Zemlje ...

- Geoid - model topografske površine Zemlje
  - nepravilna površina
    - posljedica razlike u gustoći između Zemljine kore i plašta



Geoid kao model oblika Zemlje



Zemljini slojevi

16



## Približni prikaz Zemlje ...

- površina geoida odgovara površini srednje razine mora (bez valova, morskih struja, stalnog tlaka) koja se nastavlja ispod topografske površine Zemlje
  - koristi se kod mjerenja visina
    - npr. računanje visina kod pretvorbe visina dobivenih GPS-om koje se mjere u odnosu na elipsoid i visina mjerenih od površine geoida



Odnos topografske površine / reljefa i površina geoida i elipsoida

17

## Približni prikaz Zemlje ...

- Visinski datum
  - referentna ploha za računanje visina
  - visinski datum u RH
    - ploha geoida određena srednjom razinom mora na mareografima u Dubrovniku, Splitu, Bakru, Rovinju i Kopru u epohi 1971.5

18

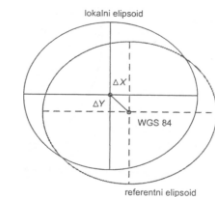
## Geodetski datum ...

- Geodetski datum
  - skup referentnih točaka na zemljinoj površini
  - osnova za mjerenje lokacije objekta na Zemlji
    - horizontalni / položajni datum
    - vertikalni / visinski datum
      - referentna ploha za računanje visina
        - » površina srednje razine mora
        - » elipsoid / geodetski datum
    - gravimetrijski datum
      - referentni sustav za određivanje ubrzanja sile teže

19

## Geodetski datum ...

- Položajni datum određuje matematički model Zemljinog tijela
  - služi kao referenca ili osnova računanja zemljopisnih koordinata zadanog mjesta
  - položajni datum određuju
    - ishodište datuma, parametri sferoida odabranog za modeliranje Zemlje, mjere razdvojenosti ishodišta sferoida i Zemlje



Razlika između referentnog i lokalnog elipsoida, geodetski datum

20

## Geodetski datum ...

- Pojedine države imaju vlastito definirane datume za potrebe lokalnih geodetskih izmjera
  - u Republici Hrvatskoj
    - koristi se Europski terestrički referentni sustav za epohu 1989,0 (European Terrestrial Reference System 1989 - ETRS89)
    - službeni matematički model za Zemljino tijelo
      - elipsoid GRS80,  $a = 6.378.137,00$  m,  $f = 1/298,257222101$
    - Hrvatski terestrički referentni sustav za epohu 1995.55 - HTRS96
      - osnovu položajnog referentnoga koordinatnog sustava HTRS96 određuje položajna mreža 78 osnovnih trajno stabiliziranih geodetskih točaka čije su koordinate određene u ETRS89

21

## Geodetski datum ...

		Lokalni koordinatni sustav		Koordinatni sustav za cijelu Hrvatsku
Opis		Gauß-Krüger-ove koordinate za zapadnu Hrvatsku 5. zona	Gauß-Krüger-ove koordinate za istočnu Hrvatsku 6. zona	Posebni sustav za cijelu Hrvatsku
	Projekcija	TM	TM	TM
Elipsoid	Tip	Bessel 1841	Bessel 1841	Bessel 1841
	a	6377483.865	6377483.865	6377483.865
	1/f	299.257223563	299.257223563	299.257223563
Datum (WGS84)	AX	682	682	682
	AY	-203	-199	-203
	AZ	480	480	480
Središnji meridijan		15° E	18° E	16° 30' E
Središnja paralela		0° N	0° N	0° N
Mjerilo na sred. meridijanu		0.9999	0.9999	0.9997
Lažno ishodište	X	5500000	6500000	2500000
	Y	0	0	0
Min	X	5350000	6110000	2243217
	Y	4700000	4670000	4668355
Max	X	5900000	6630000	2731970
	Y	5200000	5160000	5155774

Koordinatni sustavi u svakodnevnoj uporabi u RH

22

## Geodetski datum ...

- Položajni datumi u SAD
  - do kraja 1980-tih referentni elipsoidi
    - Clarke 1866
      - zemaljski mjereni elipsoid
      - $a = 6.378.206,4$ ,  $b = 6.356.583,8$ ,  $f = 1/294,979$
    - NAD27 (North American Datum 1927)
      - lokalni datum na osnovi Clarke 1866 s ishodištem u ranču Meades u Kansasu
    - 1986. g. Državna geodetska uprava (National Geodetic Survey – NGS)
      - NAD83
      - zemljo/geo centrični datum na osnovi elipsoida GRS80
    - GRS80 - Geodetski referentni sustav 1980
      - $a = 6.378.137,0$  m
      - $b = 6.356.752,3$
      - $f = 1/298,257$
      - podaci dobiveni iz satelitskih opažanja

23

## Geodetski datum ...

- od kraja 1980-tih
  - referentna mreža visoke točnosti (High Accuracy Reference Network – HARN)
    - na razini saveznih država
    - osnova GPS sustav
  - od 1994. – mreža referentnih stanica stalnog rada (Continuously Operating Reference Stations – CORS)
    - 200 stanica pruža podatke za naknadnu obradu GPS podataka
    - položajna razlika kontrolnih točaka sustava HARN i CORS < 10 cm

24

## Geodetski datum ...

- WGS 84 (World Geodetic System 1984)
  - svjetski geodetski sustav / datum
  - uspostavljen od strane Ministarstva obrane SAD-a – Državne ustanove za snimke i kartografiju (National Imagery and Mapping Agency – NIMA)
  - duljine poluosi datuma WGS84 jednake duljinama poluosi datuma GRS80
  - sadrži skup primarnih i sekundarnih parametara
    - primarni – određuju oblik i veličinu Zemlje
    - sekundarni – odnose se na lokalne dtume pojedinih država
  - datum GPS sustava
    - sateliti GPS sustava odašilju svije položaje u WGS84 koordinatama i računanja u GPS prijemnicima se provode na osno

25

## Geodetski datum ...

- Prijelaz iz datuma u datum
  - zahtijeva pretvorbu datuma
    - preračunavanje zemljopisnih duljina i širina iz jednog zemljopisnog koordinatnog sustava u drugi
  - metode pretvorbe parametara
    - Molodensky (3 parametarska – 3 translacije), Bursa-Wolf-ova / Helmert / Hermannskogel (7 parametarska – 3 translacije, 3 rotacije, 1 mjerilo)
  - besplatni programi za pretvorbu datuma
    - [earth-info.nga.mil/GandG/geotrans](http://earth-info.nga.mil/GandG/geotrans)
  - promjena datuma uzrokuje promjenu lokacije projiciranog objekta
    - prije uporabe podataka, npr. preuzetih s Internet-a, provjeriti datum podataka

26

## Koordinatni sustavi i projekcije

- Uvod
- Zemljopisni koordinatni sustav
- Kartografske projekcije
- Opće korištene kartografske projekcije
- Projekcijski koordinatni sustavi
- Rad s kartografskim sustavima u GIS-u

27

## Kartografske projekcije ...

- Kartografska projekcija
  - preslikava elipsoidom prikazanu topografsku površinu Zemlje u ravninu  $x = f_1(\phi, \lambda), y = f_2(\phi, \lambda)$
  - rezultat je
    - sustavno uređeni skup meridijana i paralela u ravnini
    - ravninski koordinatni sustav
  - GIS može izravno koristiti podatke spremljene u zemljopisnom koordinatnom sustavu
    - sve više je podataka dostupno u zemljopisnom koordinatnom sustavu

28

## Kartografske projekcije ...

- Prednosti kartografskih projekcija
  - korištenje dvodimenzionalnih zemljovida u papirnatom ili digitalnom obliku umjesto globusa
  - rad s ravninskim, a ne kutnim, vrijednostima
  - računanje s zemljopisnim koordinatama je složenije i daje manju točnost kod mjerenja udaljenosti

29

## Kartografske projekcije ...

- Mjerenje udaljenosti na površini Zemlje
  - jednadžba za mjerenje udaljenosti između dvije točke u ravnini

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

- jednadžba za mjerenje udaljenosti na površini Zemlje

$$\cos(d) = \sin(a) \cdot \sin(b) + \cos(a) \cdot \cos(b) \cdot \cos(c)$$

- $d$  = kutna udaljenost između točaka A i B u stupnjevima,  $a$  je zemljopisna širina točke A,  $b$  je zemljopisna širina točke B,  $c$  je razlika zemljopisnih duljina između A i B
- za pretvorbu rezultata u linearno mjerilo  $d$  se na ekvatoru množi s duljinom od  $1^\circ$  koja iznosi 111.32 km

30

## Kartografske projekcije ...

- Pretvorba točaka elipsoida u ravninu unosi izobličenja
  - ne postoji savršena kartografska projekcija
  - zato za izradu karata postoje brojne kartografske projekcije
  - projekcija zadržava samo neka svojstva izvornog prostora

31

## Kartografske projekcije ...

- Vrste kartografskih projekcija
  - prema održanju prostornih svojstva
    - konformna – održanje kutova
    - ekvivalentna – održanje površina
    - ekvidistantna – održanje duljine
    - azimutalna – održanje ispravnog smjera
  - prema projekcijskoj površini
    - valjkasta
    - stožasta
    - ravninska

32



## Kartografske projekcije ...

- Konformna projekcija
  - održava izvorne kutove i oblike
- Ekvivalentna projekcija
  - održava relativne veličine površina područja
- Ekvidistantna projekcija
  - održava dosljednost mjerila duž linije
- Azimutalna projekcija
  - održava točnost smjera

33

## Kartografske projekcije ...

- Svojstvo konformnosti i ekvivalentnosti
  - su međusobno isključiva svojstva
- Projekcija može istovremeno očuvati i više od jednog svojstva
  - npr. konformno i azimutalno
- Svojstvo konformnosti i ekvivalentnosti
  - su opća svojstva primjenjiva na cjelokupnu kartografsku projekciju
- Svojstvo ekvidistantnosti i azimutalnosti
  - su lokalna svojstva primjenjiva samo na područje prema ili od središta projekcije

34

## Kartografske projekcije ...

- Kod tematskog kartiranja svojstvo koje se želi očuvati uvjetuje odabir projekcije
  - npr. kod izrade karte
    - broja stanovnika na Zemlji
      - odabrati ekvivalentnu projekciju
    - udaljenosti područja od središta garaže
      - odabrati ekvidistantnu projekciju

35

## Kartografske projekcije ...

- Kod objašnjenja izrade kartografskih projekcija koriste se geometrijska tijela i globus (kugla)
  - npr. valjak se postavlja tangencijalno na osvjetljenu kuglu
    - projekcija na valjku se dobije praćenjem linija duljine i širine na valjku
    - valjak je projekcijska ili razvojna površina, a globus referentni globus
  - projekcijske površine su
    - valjak, stožac i ravnina

36

## Kartografske projekcije ...

- Kartografska projekcija
  - valjkasta projekcija
    - kada je izvedena korištenjem valjka
  - stožasta projekcija
    - kada je izvedena korištenjem stošca
  - azimutalna projekcija
    - kada je izvedena korištenjem ravnine
  - prostorno svojstvo koje projekcija zadržava i projekcijska površina koja je korištena u izradi projekcije često se nalaze u imenu projekcije
    - npr. Lambert-ova konformna stožasta projekcija

37

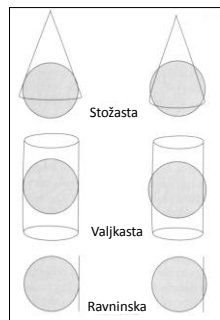
## Kartografske projekcije ...

- Odnosi geometrijskih objekata i globusa kod projiciranja
  - slučajevi presjecanja geometrijskog objekta i globusa
    - jednostavno / tangencijalno
    - sijekuće / sekanto
  - smještaj geometrijskog objekta u odnosu na globus
    - polarni
    - ekvatorijalni
    - kosi

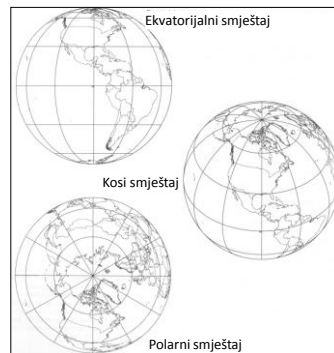
38

## Kartografske projekcije ...

- Slučajevi presjecanja i smještaj geometrijskih objekata i globusa



a) Projekcije i presjecanja  
 a) jednostavno / tangencijalno  
 b) sijekuće / sekantno



Projekcije i smještaj

39

## Kartografske projekcije ...

- Parametri kartografskih projekcija
  - standardna / osnovna linija
    - tangenta / linija dodira između projekcijske površine i globusa
    - npr. valjkaste i stožaste projekcije
      - tangencijalno presjecanje – jedna osnovna linija
      - sekantno presjecanje – dvije osnovne linije
    - standardna paralela kada osnovna linija slijedi paralelu
    - standardni meridijan kada osnovna linija slijedi meridijan
    - jednaka je osnovnoj liniji globusa
      - postupak projiciranja ne unosi izobličenje osnovne linije

40

## Kartografske projekcije ...

- dalje od osnovne linije nastaju izobličenja uzrokovane
  - trganjem, posmakom, sažimanjem površine globusa kako bi se prilagodila projekcijskoj površini
- mjera izobličenja projekcije
  - omjer udaljenosti na karti (ili globusu) i odgovarajuće udaljenosti na zemljinoj površini
- glavno mjerilo ili mjerilo referentnog globusa
  - omjer polumjera globusa i polumjera Zemlje (6378 km)
  - odnosi se samo na osnovnu liniju
    - osnovna paralela se naziva širina pravog mjerila
  - lokalno mjerilo se primjenjuje na ostale dijelove projekcije
    - zavisno o stupnju izobličenja – lokalno mjerilo se mijenja po projekciji

41

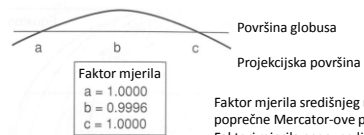
## Kartografske projekcije ...

- faktor mjerila (scale factor)
  - normalizirano lokalno mjerilo
    - omjer lokalnog i glavnog mjerila
  - duž osnovne linije = 1
  - dalje od osnovne linije =  $> 1$  ili  $< 1$
- osnovna linija prikazuje raspodjelu izobličenja uzrokovanih projiciranjem
- središnja linija (središnja paralele ili meridijan)
  - određuje središte kartografske projekcije
  - središnja paralela često se razlikuje od osnovne paralele
  - središnji meridijan često se razlikuje od osnovnog meridijana

42

## Kartografske projekcije ...

- Primjer razlike između središnjeg meridijana i osnovne linije
  - poprečna Mercator-ova projekcija
    - sekantna projekcija određena središnjim meridijanom i dvjema osnovnim linijama sa njegove obje strane
      - faktor mjerila osnovne linije = 1
      - faktor mjerila središnjeg meridijana < 1



Faktor mjerila središnjeg meridijana u slučaju sekante poprečne Mercator-ove projekcije iznosi 0.9996. Faktori mjerila osnovne linije sa obadje strane središnjeg meridijana iznose 1.0

43

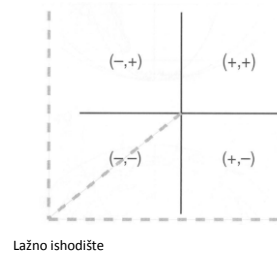
## Kartografske projekcije ...

- Kada je kartografska projekcija osnova koordinatnog sustava
  - središte projekcije određeno središnjom paralelom i središnjim meridijanom postaje ishodištem koordinatnog sustava i dijeli koordinatni sustav u četiri kvadranta
  - zavisno o lokaciji točke u odnosu na ishodište koordinatnog sustava
    - koordinate točke imaju pozitivan ili negativan predznak
    - za izbjegavanje negativnih vrijednosti koordinata
      - ishodištu se, umjesto (0, 0), pridružuju (x, y) koordinate
      - lažna istočna (false easting) – pridružena vrijednost x koordinate
      - lažna sjeverna (false northing) – pridružena vrijednost y koordinate

44

## Kartografske projekcije ...

- lažne istočne i lažne sjeverne vrijednosti određuju lažno ishodište
  - » tako da se sve točke nalaze u sjeveroistočnom kvadrantu i imaju pozitivne vrijednosti koordinata



45

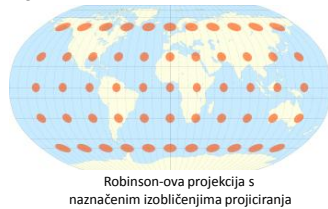
## Koordinatni sustavi i projekcije

- Uvod
- Zemljopisni koordinatni sustav
- Kartografske projekcije
- **Opće korištene kartografske projekcije**
- Projekcijski koordinatni sustavi
- Rad s kartografskim sustavima u GIS-u

46

## Opće korištene kartografske projekcije ...

- Za prikaz prostornih objekata u ravnini koriste se različite kartografske projekcije
  - Robinson-ova projekcija
  - prikaz cijele Zemlje na karti
  - estetski ugodna
  - neprikladna za GIS primjene
    - kartografska projekcija za GIS zadržava barem jedno od prostornih svojstava
      - najčešće svojstvo konformnosti – kutovi i oblik objekta
    - mogućnost sastavljanja mozaika od pojedinačnih karata



Robinson-ova projekcija s naznačenim izobličenjima projiciranja

47

## Opće korištene kartografske projekcije ...

- Poprečna Mercator-ova / Gauß -Krüger-ova projekcija
  - konformna valjkasta projekcija
  - Mercator-ova koristi osnovnu paralelu
  - poprečna Mercator-ova koristi osnovni meridijan
  - tangentna projekcija određena
    - faktorom mjerila na središnjem meridijanu, duljinom središnjeg meridijana, širinom ishodišta (ili središnje paralele), lažnom istočnom i sjevernom koordinatom

48



## Opće korištene kartografske projekcije ...

- Lambert-ova konformna stožasta projekcija
  - za prikaz područja srednjih zemljopisnih širina koja su dulja u smjeru istok zapad od smjera sjever jug
  - sekantna projekcija određena
    - prvom i drugom osnovnom paralelom, središnjim meridijanom, širinom ishodišta projekcije, lažnom istočnom i sjevernom koordinatom

49

## Koordinatni sustavi i projekcije

- Uvod
- Zemljopisni koordinatni sustav
- Kartografske projekcije
- Opće korištene kartografske projekcije
- **Projekcijski koordinatni sustavi**
- Rad s kartografskim sustavima u GIS-u

50

## Projekcijski koordinatni sustavi ...

- Projekcijski koordinatni sustav
  - izveden je iz kartografske projekcije
  - npr. Lambert-ova konformna stožasta projekcija predstavlja kartografsku projekciju, ali i ravninski koordinatni sustav
  - koriste se za točnije proračune, izmjere i lociranja kod karata krupnijih mjerila
    - npr. 1:25000 i većim
  - vrste mjerila karte u odnosu na točnost lociranja objekta i njegove lokacije u odnosu na ostale objekte
    - veće (krupnije) mjerilo
      - točnije, detaljnije, detalji su vidljiviji
      - 1: 1000, 1:5000, 1: 25000
    - manje (sitnije) mjerilo
      - veće pogreške u kutovima, udaljenostima i površinama
      - 1:50000, 1:100000

51

## Projekcijski koordinatni sustavi ...

- za održanje potrebne točnosti
  - projekcijski koordinatni sustav se dijeli u više zona
    - pojedina zona određena posebnim ishodištem sustava
- uz parametre kartografske projekcije određen i
  - parametrima zemljopisnog koordinatnog sustava (datumom) iz kojeg je izvedena kartografska projekcija
- kartografski sustavi su izvedeni iz elipsoida, a ne kugle
  - za potrebe općeg kartiranja u sitnijim mjerilima razlika nije značajna
  - za potrebe kartiranja u krupnim mjerilima, npr. parceliranje, lociranje prometne infrastrukture, razlika je značajna

52

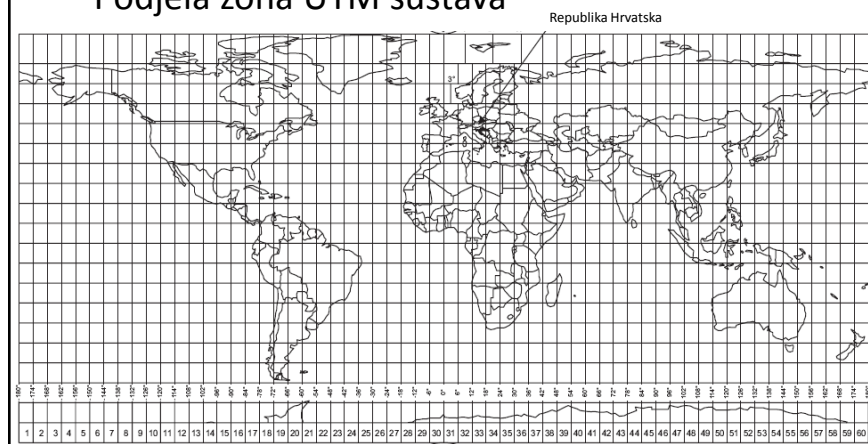
## Projekcijski koordinatni sustavi ...

- Opći poprečni Mercator-ov rešetkasti projekcijski koordinatni sustav (Universal Transverse Mercator UTM Grid System)
  - često korišteni sustav u svijetu
  - dijeli zemljinu površinu između  $84^{\circ}\text{N}$  i  $80^{\circ}\text{S}$  u 60 zona
    - zona pokriva  $6^{\circ}$  zemljopisne duljine
    - zone označene brojevima – početna zona 1 kod  $180^{\circ}$
    - zona podijeljena na na sjevernu i južnu poluloptu
      - označavanje – UTM zona 33N se nalazi između  $12^{\circ}\text{E}$  i  $18^{\circ}\text{E}$  na sjevernoj polulopti
  - datum je dio određenja projekcijskog koordinatnog sustava
    - npr. UTM osnovan na WGS84 datumu – WGS84 UTM 33N

53

## Projekcijski koordinatni sustavi ...

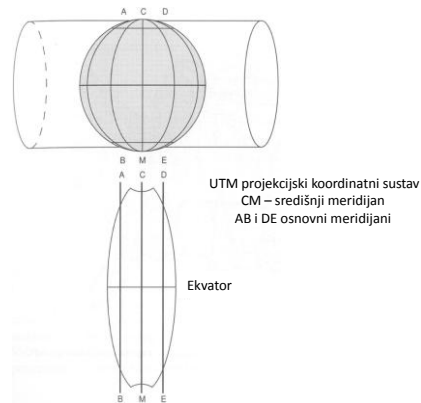
- Podjela zona UTM sustava



54

## Projekcijski koordinatni sustavi ...

- UTM zona se preslikava u sekantni slučaj poprečne Mercator-ove projekcije
  - faktor mjerila na središnjem meridijanu = 0.9996
  - ekvator kao širina ishodišta
  - osnovni meridijani su 180 km istočno i zapadno od središnjeg meridijana
  - točnost unutar UTM zone je najmanje 1 : 2500, tj. udaljenost mjerena na 2500 m u zoni biti će točna unutar 1 m mjerenja na terenu



55

## Projekcijski koordinatni sustavi ...

- Mjerenje UTM koordinata
  - u sjevernoj polulopti
    - od lažnog ishodišta smještenog na ekvatoru i 500.000 m zapadno od središnjeg meridijana UTM zone
  - u sjevernoj polulopti
    - od lažnog ishodišta smještenog na ekvatoru i 10.000.000 m južno od ekvatora i 500.000 m zapadno od središnjeg meridijana UTM zone
  - korištenje lažnog ishodišta označava da
    - UTM koordinate mogu biti izražene vrlo velikim brojevima

56

## Projekcijski koordinatni sustavi ...

- Za očuvanje točnosti kod računanja
  - za smanjenje broja znamenaka koordinatama se pridružuju x i y posmačne vrijednosti
    - npr. NW kut karte ima UTM koordinate 500.000 m i 5.177.164 m
      - ako su posmačne vrijednosti  $x = -500.000$  m, a  $y = -5.170.000$  m
      - pomaknute koordinate NW kuta karte su 0 i 7164 m
      - manji brojevi umanjuju mogućnost pogreške odbacivanja znamenki rezultata
        - » važno ako se koordinate spremaju kao cjelobrojne vrijednosti
      - x i y posmaci mijenjaju izvorne vrijednosti koordinata podataka što treba uz projekcijske parametre navesti u meta podacima datoteke

57

## Projekcijski koordinatni sustavi ...

- Projekcijski koordinatni sustav Republike Hrvatske
  - za područje katastra i detaljne državne topografske kartografije
    - koordinatni sustav poprečne Mercator-ove (Gauß -Krüger-ove) projekcije – skraćeno HTRS96/TM
      - sa srednjim meridijanom  $16^{\circ}0'$  i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999
  - za područje pregledne državne kartografije
    - koordinatni sustav uspravne Lambert-ove konformne konusne projekcije – skraćeno HTRS96/LCC
      - sa standardnim paralelama  $43^{\circ}05'$  i  $45^{\circ}55'$

58

## Koordinatni sustavi i projekcije

- Uvod
- Zemljopisni koordinatni sustav
- Kartografske projekcije
- Opće korištene kartografske projekcije
- Projekcijski koordinatni sustavi
- Rad s kartografskim sustavima u GIS-u

59

## Rad s kartografskim sustavima u GIS-u ...

- Rad s koordinatnim sustavima u GIS-u
  - određivanje koordinatnog sustava
  - projiciranje zemljopisnih koordinata u projekcijske koordinate, ponovno projiciranje projekcijske koordinate iz jednog sustava u drugi
- GIS paketi
  - prihvaćaju i određuju veliki broj različitih datuma, elipsoida i koordinatnih sustava
  - potpora korisniku u radu s projekcijama
    - projekcijske datoteke, prethodno određeni koordinatni sustavi i projiciranje za vrijeme rada u GIS-u

60

## Rad s kartografskim sustavima u GIS-u ...

- Projekcijska datoteka
  - tekst datoteka sa spremljenim podacima o koordinatnom sustavu korištenih podataka
  - npr. projekcijska datoteka 'MGI Balkans 5.prj'
    - podaci o zemljopisnom koordinatnom sustavu, parametri kartografske projekcije, jedinica linearnog mjerila
    - Gauß–Krüger 5. zona za Hrvatsku

```
PROJCS["MGI_Balkans_5",GEOGCS["GCS_MGI",  
DATUM["D_MGI",SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],  
PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],  
PROJECTION["Transverse_Mercator"],PARAMETER["False_Easting",5500000.0],  
PARAMETER["False_Northing",0.0],PARAMETER["Central_Meridian",15.0],  
PARAMETER["Scale_Factor",0.9999],PARAMETER["Latitude_of_Origin",0.0],  
UNIT["Meter",1.0]]
```

61

## Rad s kartografskim sustavima u GIS-u ...

- koristi se kod projiciranja i ponovnog projiciranja koordinatnih sustava podataka
- prenosi se i drugim podacima zapisanim u istom koordinatnom sustavu

62

## Rad s kartografskim sustavima u GIS-u ...

- Prethodno određeni koordinatni sustav
  - GIS paket razvrsta koordinatne sustave u
    - predefinirane
      - zemljopisne ili projekcijske – vrijednosti parametara su poznate i ugrađene u programske naredbe GIS paketa
      - koriste se bez potrebe zadavanja parametara
    - korisničke
      - korisnik zadaje parametre
        - » npr. nedefinirani lokalni datum ili posebni projekcijski koordinatni sustav

63

## Rad s kartografskim sustavima u GIS-u

- Projiciranje za vrijeme rada u GIS-u
  - prikaz podataka nastalih na različitim koordinatnim sustavima
  - program koristi projekcijske datoteke i pretvara podatke u zajednički koordinatni sustav
    - načelno je zajednički koordinatni sustav prvog prikazanog skupa podataka
    - ako je skup podataka nastao na nepoznatom koordinatnom sustavu – uzima se načelni koordinatni sustav
  - koordinatni sustav podataka se ne mijenja
    - ne odbacuje se mogućnost projiciranja i ponovnog projiciranja podataka
      - ako će se podaci često koristiti u drugom sustavu treba ih reprojicirati
      - ako podaci u analizi imaju različite koordinatne sustave treba ih prevesti u isti sustav

64