



# Analiza prostornih podataka



Prof. dr. sc. Damir Medak

ak. god. 2005/2006.

## Sadržaj

- ☞ Tipične primjene GIS-a
- ☞ Zahtjevana funkcionalnost GIS-a
- ☞ Podaci i baze podataka
- ☞ Osobitosti prostornih podataka
- ☞ Prikupljanje podataka
- ☞ Zaključak



## Tipične primjene GIS-a

- ☞ inventarizacija – turistički informacijski sustav
- ☞ mrežna analiza – optimiranje puta
- ☞ analiza terena – lokacija vidikovca u parku prirode
- ☞ slojna analiza – potencijalna šljunčara
- ☞ analiza lokacije – pronalaženje najbliže bolnice
- ☞ prostorno-vremenska analiza – 900 godina Zagreba



## Inventarizacija – virtualni turizam

- ☞ skup svih podataka o kulturnim i rekreativnim sadržajima nekog područja, kombiniran s mogućnostima prijevoza, noćenja i prehrane
- ☞ moć informacijskog sustava leži u korištenju podataka iz više izvora
- ☞ moć se višestruko povećava ako su podaci prikazani u jedinstvenom prostornom okviru
- ☞ presudno je podatke iz različitih prostornih okvira postupkom transformacije prevesti u jedinstveni
- ☞ multimedijalni podaci se mogu korisno upotrijebiti



## Mrežna analiza – optimiranje rute

- ☞ mrežna analiza presudna za brojne probleme u transportu, vodovima itd.
- ☞ problem: naći najkraću rutu koja prolazi svim izabranim znamenitostima nekog grada
- ☞ rješenje: pronalaženje rute s najmanjim ukupnim troškom koja prolazi svakim čvorom grafa
- ☞ moguće je uvesti dinamiku (promjenjive težine pojedinih veza u grafu, npr. smanjenje brzine kretanja pri velikim prometnim gužvama)



## Analiza terena – lokacija vidikovca

- ☞ visine terena u odabranim točkama (pravokutni raster, mreža trokutova – TIN)
- ☞ rezultati neposredne analize: stupanj i smjer nagiba terena
- ☞ složenija analiza: vidljivost s određene točke
- ☞ na temelju analize moguće je odrediti potrebu za postavljanje putokaza na planinarskoj stazi koja vodi do potencijalnog vidikovca



## Slojna analiza – potencijalna šljunčara

- ☞ usporednom analizom više slojeva raznorodnih podataka koji se odnose na isto područje moguće je naći optimalne lokacije prema zadanim kriterijima
- ☞ pitanje za šljunčare: “koja se zemljišta nalaze 500 m od županijske ceste, nisu urbanizirana, nalaze se na šljunčanoj podlozi i nalaze se u državnom vlasništvu?”
- ☞ ovakva se funkcionalnost obično rješava kartografskom algebrom prostornih podataka u rasterskom formatu



## Analiza lokacije – najbliža bolnica

- ☞ kritični faktor: vrijeme potrebno za put do bolnice
- ☞ potrebno je izračunati susjedstva za svaku bolnicu, tj. skup točaka koje su bliže jednoj od njih nego bilo kojoj drugoj
- ☞ ovisno o susjedstvu koje bolnice se trenutno nalazi korisnik, ista mu je najbliža
- ☞ pretpostavka: euklidski prostor, udaljenost linearna
- ☞ situacija je drugačija u mreži putova: susjedstvo uzduž veza između čvorova



## Prostorno-vremenska analiza

- ☞ GIS kao statička slika stvarnog svijeta nije dovoljan
- ☞ problem dinamičnih pojava
- ☞ problem povijesnih baza podataka
- ☞ podaci se mogu podijeliti u tri kategorije:
  - prostorni podaci
  - vremenski podaci
  - atributni podaci
- ☞ Pitanja za prostorno vremenski GIS:
  - Koje su ulice promijenile ime od 1990. do 2000?
  - Kako su se mijenjale granice gradskih četvrti u zadnjih 50 godina?



## Analitička funkcionalnost

- ☞ GIS nisu samo grafički podaci
- ☞ Geometrijska / topološka / skupovna analiza
  - pripadnost, Boolova algebra, hijerarhije (administrativne jedinice), susjedstvo, povezanost
- ☞ Polja, površine i slojevi
  - varijacija atributa, diskretni i kontinuirani podaci, skalarni (visine) i vektorski (vjetar)
- ☞ Mrežna analiza
  - konfiguracija veza između čvorova
  - javni prijevoz
  - usmjerene veze (jednosmjerne ulice)
  - operacije: najkraći put, tečenje, dostupnost



## Prostorni podaci i baze podataka

- ☞ informacijski sustav je dobar koliko su dobri podaci kojima raspolaže
- ☞ baze prostornih podataka moraju udovoljiti uobičajenim zahtjevima na standardne baze podataka (sigurnost, pouzdanost, konzistentnost, stabilnost) kao i posebnostima prostornih podataka
- ☞ prostorni podaci se tradicionalno dijele u dvije kategorije: rasterske i vektorske



## Rasterski podaci

- ☞ (2D-) rasterski podaci su strukturirani kao matrica ili grid elemenata (piksela), 3D-ekvivalent su kubični elementi (vokseli)
- ☞ svaki piksel je adresiran svojim položajem u matrici (broj retka i stupca)
- ☞ eksplicitna diskretizacija prostora
- ☞ rasteri mogu prikazati široki raspon prostornih objekata: točku jednim pikselom, dužinu nizom piksela, poligon skupom susjednih piksela
- ☞ pogodni za računalnu obradu, nužna kompresija za efikasno spremanje



## Vektorski podaci

- ☞ vektor: konačna prava linija definirana početnom i završnom točkom
- ☞ diskretizacija prostora nije eksplicitna, ali mora postojati s obzirom na diskretnu prirodu računalne aritmetike
- ☞ prednosti: potrebno manje memorijskog prostora
- ☞ nedostaci: podrazumijeva se strogo razgraničenje objekata što je rijetkost (obalna linija, granica šume)



## Kvaliteta i uporabljivost prostornih podataka

- ☞ točnost, konzistentnost i potpunost
  - točnost atributa
  - točnost prostornog i vremenskog referentnog okvira (geodezija)
- ☞ ažurnost (vrijeme prikupljanja)
- ☞ prikladnost određenoj namjeni
- ☞ uporabljivost (pristupačnost, format)
- ☞ metapodaci: podaci koji opisuju podatke
- ☞ nužni podaci o podrijetlu koji opisuju kvalitet podataka (*lineage*)



## Zaključak

- ☞ funkcionalnost geoinformacijskih sustava ovisi o mogućnostima za analizu prostornih podataka koje sustav pruža
- ☞ donošenje ispravnih odluka moguće samo na temelju ispravnih podataka
- ☞ prostorni podaci su specifični: dualnost vektorskog (objektnog) i rasterskog (kontinuiranog) modela
- ☞ kvaliteta podataka presudna za kvalitetu sustava



## TOPOLOGIJA

- ☞ Što je prostor?
- ☞ Geografski prostor i geometrija
- ☞ Euklidski prostor
- ☞ Ravninske transformacije
- ☞ Metrički i topološki prostori
- ☞ Posljedice za analizu prostornih podataka
- ☞ Zaključak





## Što je prostor?

- ☞ "relacija definirana na skupu objekata" - preopćenito
- ☞ fizički prostor - čovjekova osjetila: veličina, smjer, boja, tekstura ...
- ☞ "kontejner ili okvir u kojem stvari postoje"
- ☞ dva različita koncepta (dihotomija) u kontekstu geoinformacijskih sustava:
  - skup lokacija s tematskim atributima (apsolutni prostor)
  - skup objekata s prostornim atributima (relativni prostor)
- ☞ apsolutni prostor => rasterski model
- ☞ relativni prostor => vektorski model

## Što je geografski prostor?

- ☞ "apsolutni ili relativni prostor u geografskom mjerilu" - tautologija
- ☞ "skup geografskih entiteta koji se odnose na dio Zemlje i sudjeluju u geografskim procesima" - atomistički (relativni) pogled
- ☞ "skup zemaljskih lokacija na kojima su moguće geografske pojave" - apsolutni pogled
- ☞ **geometrija** omogućuje formalni pristup apstraktnih obilježja prostornih struktura
- ☞ geometrija se bazira na načelu invarijantnosti (stalnosti) određenih obilježja

## Primjer geometrije

- ☞ trodimenzionalni prostor u kojem transformacije moraju sačuvati udaljenost između točaka
- ☞ geometriju čine:
  - tri prostorne dimenzije
  - skup transformacija koje ne mijenjaju udaljenost:
    - ◆ translacije
    - ◆ rotacije
- ☞ trodimenzionalni prostor u kojem su sačuvani kutovi i paralelizam => geometrija uključuje još i:
  - ◆ promjenu mjerila (smanjenje ili uvećanje)



## Euklidski prostor

- ☞ koordinatni model prostora, uobičajen u zapadnim kulturama
- ☞ transformacija prostornih obilježja u uređene retke (parove, triplete, ...) realnih brojeva
- ☞ 2D slučaj: Euklidska ravnina s fiksnim ishodištem i parom ortogonalnih osiju koje se sijeku u ishodištu
  - točka: jedinstveni par realnih brojeva  $(x,y)$ , često prikazana *vektorom*, koji ima svoju *normu*,
  - linijski objekti: pravac, polupravac, dužina, krivulje
  - poligonski objekti: stranice (koje se sijeku isključivo u rubnim točkama) i vrhovi, *konveksnost* i *monotonost*



## Ravninske transformacije (1)

- ☞ transformacija je funkcija koja ravninu preslikava u ravninu:  $\mathcal{R}^2 \rightarrow \mathcal{R}^2$ , tj. svaka točka se preslikava u točku
- ☞ euklidske transformacije (kongruencije) čuvaju oblik i veličinu objekata (npr. translacija)
- ☞ sličnost čuva oblik, ali ne uvijek i veličinu (npr. promjena mjerila), svaka kongruencija je sličnost
- ☞ afine transformacije čuvaju afina svojstva - paralelnost (npr. rotacije, refleksije, torzije), svaka sličnost je i afina transformacija



## Ravninske transformacije (2)

- ☞ projekcijske transformacije čuvaju projekcijska svojstva, krug se može preslikati u elipsu (npr. centralna projekcija), sve afine transformacije su i projekcijske
- ☞ topološke transformacije (homeomorfizmi) čuvaju topološke osobine prostora (susjedstvo, povezanost)



## Što je topologija?

- ☞ Topologija dolazi od grčke riječi *topos* (položaj) i znači "proučavanje promjena položaja i odnosa", za razliku od geometrije koja se prevodi sa "izmjera Zemlje".
- ☞ Topologija je grana geometrije koja proučava topološke transformacije i obilježja koja ostaju nepromjenjiva poslije takvih transformacija.



## Topološka obilježja u Euklidskom prostoru

- ☞ točka je početak dužine
- ☞ krivulja ne siječe samu sebe
- ☞ točka je na granici poligona
- ☞ točka je unutar poligona
- ☞ točka je izvan poligona
- ☞ područje nema rupe
- ☞ područje je povezano



## Netopološka obilježja u Euklidskom prostoru

- ☞ udaljenost između dvije točke
- ☞ smjerni kut s jedne točke na drugu
- ☞ duljina dužine (krivulje)
- ☞ promjer područja
- ☞ površina područja



## Analitička topologija

- ☞ Analitička topologija (pointset topology) proučava skupove točaka i koncepte susjedstva, blizine i otvorenosti.
- ☞ Važni prostorni odnosi (povezanost, granice) mogu se izraziti analitičkom topologijom.
- ☞ Postoji još i algebarska (kombinatorna ili geometrijska topologija).



## Opća analitička topologija

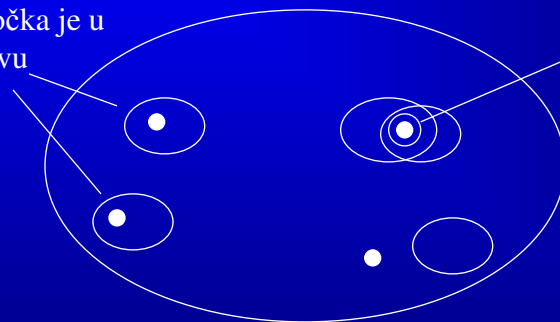
- ☞ Moguće ju je definirati pojmom susjedstva:
- ☞ Neka je  $S$  skup točaka. Topološki prostor je skup podskupova od  $S$  (zvanih susjedstva) koje zadovoljavaju sljedeća dva uvjeta:
  - svaka točka unutar  $S$  je u nekom susjedstvu
  - presjek bilo koja dva susjedstva neke točke  $x$  u  $S$  sadrži susjedstvo od  $x$



## Topološki prostor

Svaka točka je u susjedstvu

Presjek dvaju susjedstava sadrži susjedstvo točke



## Metrički prostori

- ☞ Metrički prostor je model prostora koji sadrži koncept udaljenosti između objekata.
- ☞ Definicija: skup točaka  $S$  je metrički prostor ako postoji funkcija udaljenost ( $d$ ), koja uređene parove  $(a,b)$  preslikava u realni broj udaljenost  $(a,b)$  pri čemu su zadovoljeni sljedeći uvjeti:
  - $d(a,b) > 0$ , ako su  $a$  i  $b$  različite točke
  - $d(a,b) = 0$ , ako su  $a$  i  $b$  identične točke
  - $d(a,b) = d(b,a)$
  - za svaki triplet  $a, b$  i  $c$  iz  $S$ :  $d(a,b) + d(b,c) \geq d(a,c)$



## Primjer: udaljenost između gradova na Zemlji

- ☞ geodetska udaljenost (uzduž geodetske linije)
- ☞ sferna Manhattan udaljenost (razlika širina plus razlika duljina)
- ☞ vrijeme putovanja (minimalno vrijeme letenja između dva grada)
- ☞ leksikografska (apsolutna vrijednost razlike položaja u popisu gradova)

