## Napredni modeli i baze podataka

Predavanja studeni 2015.

4. Geoprostorne baze podataka

## Sadržaj

- Uvod
  - Geoinformacijski sustavi (GIS)
- Nedostatci i ograničenja relacijskog modela
- Sustav za upravljanje geoprostornim bazama podataka (SUGBP)
  - Definicija i arhitektura
- Geoprostorni apstraktni tipovi podataka (GeoATP)
  - Tipovi / OGC standard/ postgis
  - Operacije / OGC standard / postgis
  - Operacije definicije, model 9 presjeka
- Indeksiranje
- Projekt



#### Definicija: Geoinformacijski sustav – GIS (1)

- Formalna definicija:
  - Informacijski sustav za upravljanje, analizu, vizualiziranje i distribuiranje informacija o objektima i pojavama, čiji referentni sustav je definiran na površini Zemlje

#### Definicija: Geoinformacijski sustav - GIS (2)

- GIS sustav koji se sastoji od hardvera, softvera, podataka, ljudi i organizacijskih aranžmana za skupljanje, pohranjivanje, analiziranje i diseminiranje informacija o površini Zemlje (Dueker and Kjerne 1989)
- Marble & Peuquet: četiri podsustava:
  - **1. Sustava za unos podataka** skuplja i/ili procesira geoprostorne podatke prikupljene iz postojećih mapa, senzora, itd.
  - **2. Sustav za pohranjivanje i dohvat podataka** organizira i pohranjuje podatke u obliku koji omogućuje brz dohvat za buduće analize, kao i brza i točna ažuriranja podataka u geoprostornoj bazi podataka
  - **3. Sustav za rukovanje i analizu podataka** koji obavlja razne zadaće kao npr. Promjenu formata podataka koristeći korisnički definirana agregacijska pravila ili procjena parametara različitih geoprostornih simulacija i sl.
  - **4. Sustav za izvještavanje** koji može prikazati cijelu ili dio baze podataka, ako i upravljati podatcima i ostvariti izlaz bilo u tabličnom ili kartografskom obliku.

#### Definicija: Geoinformacijski sustav - GIS (3)

DJ Maguire: An overview and definition of GIS:

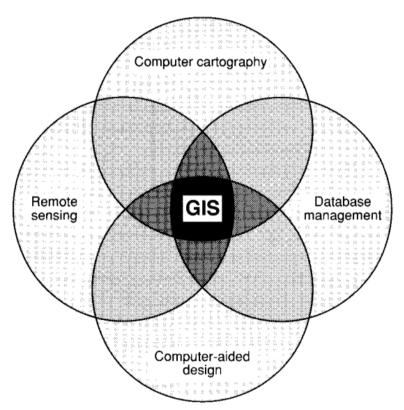
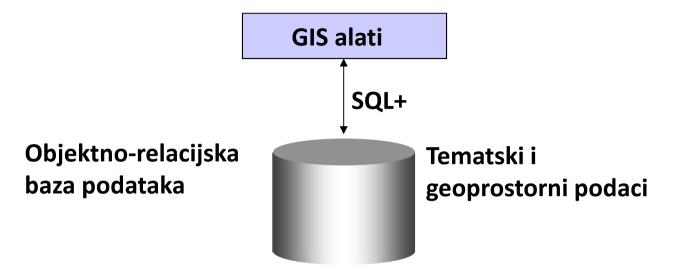


Fig. 1.1 The relationship between GIS, computeraided design, computer cartography, database management and remote sensing information systems.

## Pitanja na koja GIS odgovara

- GIS i povezane tehnologije mogu odgovoriti na pet tipova geografskih upita (ESRI, 1992.):
- 1. Što se nalazi na nekoj lokaciji?
- 2. Gdje je nešto?
- 3. Što se promijenilo od...?
- 4. Koji geoprostorni obrasci postoje?
  - a. Koji su odnosi između dva ili više skupa podataka koji se odnose na istu lokaciju?
  - b. Koje geografske varijacije postoje s obzirom na prostor?
- 5. Što ako...? "What if?"

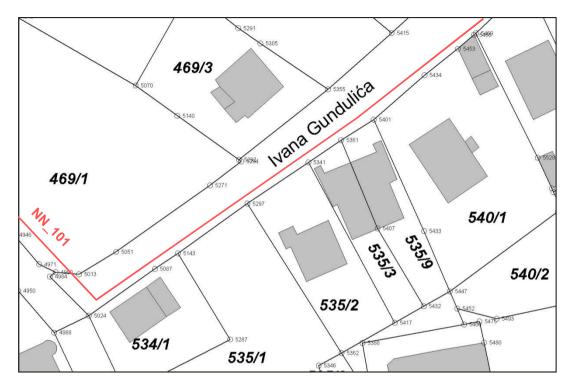
#### Integrirana GIS arhitektura



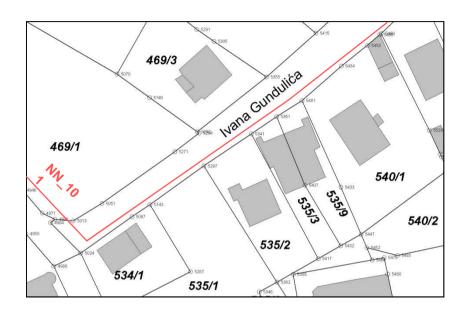
- Geoprostorne baze podataka
  - Jedinstvena tehnologija za upravljanje tematskim\* i geoprostornim\*\* podacima
  - Objektno-relacijski SUBP
  - Generičke GIS funkcije integrirane u SUBP
- \* Standardni/konvencionalni podaci
- \*\* Prostorni/geometrijski podaci

#### Motivacija

Nedostatci i ograničenja relacijskog modela



	parcela(opcina:string, broj:string, oblik:poligon)	1NF?
	zgrada(opcina:string, adresa:string, tip:string, oblik:poligon)	<b>1NF?</b>
•	ulica(opcina:string, naziv:string, oblik:poligon)	1NF?
•	vod_NN(id:integer, oblik:polilinija)	<b>1NF?</b>
	poligon, p	olilinija?



Radimo unutar relacijskog modela s tipovima podataka i operacijama koje poznajemo

- ulica(opcina:string, naziv:string)
- zgrada(opcina:string, adresa:string, tip:string)
- parcela(opcina:string, broj:string)
- tocka(id:integer, x:real, y:real)
- granica(id:integer, pocTocka:integer, krajTocka:integer, lObjekt:string, rObjekt:string)



#### tocka

id	X	у
5297	6909.04	7911.07
5341	6920.35	7918.69
5417	6936.39	7888.98
5362	6926.51	7883.38
5361	6926.43	7922.82
5407	6933.19	7906.49
5432	6941.76	7892.03
5417	6936.39	7888.98
5401	6932.49	7926.65
5433	6941.80	7906.00
5447	6946.63	7894.81
5434	6941.76	7892.03
5453	6933.19	7906.49

#### zgrada

opcina	adresa	broj	tip
Centar	I. Gundulića	8	stambena
Centar	I. Gundulića	10	poslovna
Centar	I. Gundulića	9	poslovna

#### ulica

opcina	parcela	naziv
Centar	533	I. Gundulića
Trnje	1276	Miramarska

#### parcela

broj
535/2
535/3
535/9
540/1
535/1
534/1
469/1
469/3
1276
1283/2

#### granica

poctocka	krajtocka	lobjekt	dobjekt
5297	5341	533	535/2
5341	5417	535/3	535/2
5417	5362	538/1	535/2
5362	5297	535/1	535/2
5341	5361	533	535/3
5361	5407	535/9	535/3
5432	5417	538/1	535/3
5417	5341	535/2	535/3
5361	5401	533	535/9
5401	5433	540/1	535/9

- Upit: Površina parcele broj 535/2?
- SQL: operacija/funkcija površina nije definirana !?
- Upit: Koje parcele presijeca vod niskog napona 101?
- SQL: operacija/funkcija presijeca nije definirana!?
- Upit: Koje parcele su susjedne parceli 535/2?
- SQL: operacija/funkcija susjedno nije definirana !?

Upit: lista graničnih točaka parcele 535/2?

id	x	у
5297	6909,04	7911,07
5341	6920,35	7918,69
5362	6926,51	7982,38
5417	6936,39	7988,98

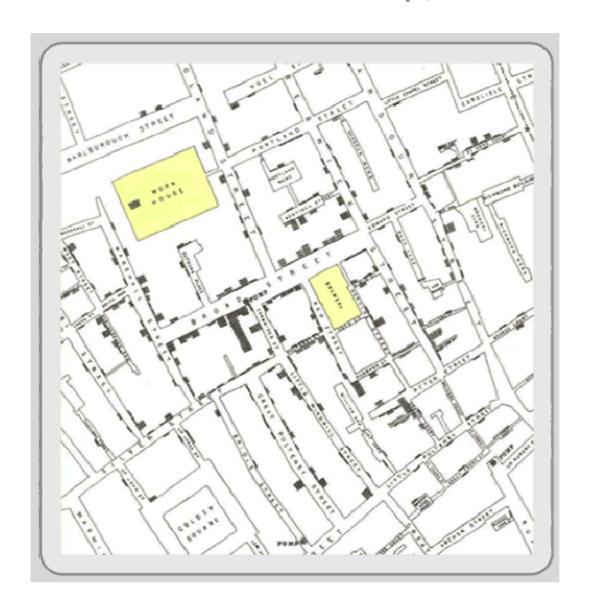
#### Redoslijed točaka nije poznat

- Modeliranje geoprostornih objekata u principu je moguće, ali:
  - Dekomponiranje logički koherentnih objekata u skup relacija, tj. narušavanje odnosa 1:1 između objekta u stvarnom svijetu i njegovog zapisa u relacijskom modelu
  - Nepostojanje relevantnih geometrijskih operacija/funkcija
  - Rekonstrukcija objekata rezultira kompleksnim upitima i skupim operacijama spajanja – loše performanse sustava
  - Povećanje geometrijske kompleksnosti objekata neminovno vodi povećanju kompleksnosti modela

- Relacijski model ne odgovara zahtjevima modernih geoinformacijskih sustava
  - Relacijska baza (SQL) daje odgovor na svaki upit koji je moguće izraziti relacijskom algebrom, stoga je relacijski model široko prihvaćen u standardnim/konvencionalnim aplikacijama
  - Ne postoji opće prihvaćeni (univerzalni) matematički model geoprostornih baza podataka, što predstavlja ozbiljnu poteškoću u formalnom definiranju geoprostornih modela podataka i upitnih jezika



## Ručni GIS: Dr. John Snow's Cholera map, 1840.



# Sustav za upravljanje geoprostornim bazama podataka (SUGBP)

- SUGP programski modul
  - Implementiran proširenjem objektno-relacijskog
  - Posjeduje skup geoprostornih apstraktnih tipova podataka (GeoATP) kao i upitni jezik koji podržava te tipove podataka i operacije nad njima
  - Prostorno indeksiranje
  - Djelotvorni algoritmi za operacije nad geoprostornim tipovima podataka
  - Specifična pravila za optimiranje upita

#### Pojam: topologija

- Kada se objekti dodaju u GIS, oni stvaraju geoprostorne odnose jedni s drugima (unutar istog sloja, kao i s onima u drugim slojevima) koje nazivamo topologija.
- Ovdje definirajmo topologiju kao geoprostorne odnose između susjednih objekata. Topologija govori gdje su objekti s obzirom na jedan drugoga, te kako se odnose.
- Ti odnosi mogu biti jednostavni (npr. udaljenost), ali uključuju i složenije pojmove kao što su susjednost i povezanost.

**Types of Topology** Line features can share Area features can overlap with other area features endpoints region topology arc-node topology Area features can share Line features can share boundaries endpoint vertices with point features node topology polygon topology Point features can share Line features can share vertices with line features segments with other line point events route topology

http://www.esri.com/news/arcnews/summer

02articles/arcais-brinas-topology.html

## Geoprostorni tipovi podataka

## Želimo znati...

- Geoprostorni upiti temelje se na relacijama (odnosima) između geoprostornih objekata i njihovih geoprostornih svojstava
  - Prikaži sve gradove udaljene od državne ceste br.8 najviše 1 km
  - Prikaži sve parcele čija je površina veća od 10000 m² udaljene od mora najviše 50 metara
  - Prikaži sve otoke koji se nalaze u Šibensko-kninskoj županiji kojima je površina manja od 15000 m²
  - Prikaži sve gradove koji leže na rijeci Savi, a imaju više od 20000 stanovnika

#### Digresija: karte – model stvarnosti

- Stvarni svijet je presložen:
  - Odabrati svojstva koja nas zanimaju
  - Generalizirati
- Geoprostorna i tematska (DB) komponenta povezane
- Svojstva features (objects, events, activities, forms, observations, entities, and facilities.)
- Primjer svojstva: ulična svjetla
  - Geoprostorni podatci: pozicija
  - Dodatni tematski podatci: boja, materijal, visina, tip i jakost žarulje, itd.
- Slojevi layers (coverages, theme), npr.:
  - Ulična svjetla
  - Ulice
  - Zgrade

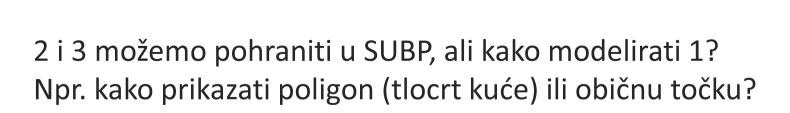
Vrste podataka – kako?

1. Geometrijski (točka, linija, poligon)

 Iz njih se izvode složeniji oblici: mreže linija (npr. ceste), mreže poligona (npr. mreža županija), plohe, prostorna tijela

2. Grafički (boja, šrafura, simbol, vrsta linije, ...)

3. Opisni oblik – dodatni opisni negeometrijski podatci, npr. nazivi, kućni brojevi, itd.





- Kutovi:
  - Od Nultog meridijana (longitude)
  - Od Ekvatora (*latitude*)
- Matematički zahtjevni izračuni na površini sfere:
  - Prebaciti se u Kartezijev koordinatni sustav

		 	•
->	proj	<b>VCI</b> I	
	$\rho$	NCI	
			,

Vorth Pole 90 Fquator	60 60 30 multiple
-90° South Pole	orime Meridian √ Trojic ute.

Varazdin	46°20'N	16°20'E
Velebit Planina	44°50'N	15°20'E
Velika Kapela	45°10'N	15°5'E
Vinkovci	45°19'N	18°48'E
Virovitica	45°51'N	17°21'E
Vis	43°4'N	16°10'E
Vukovar	45°21'N	18°59'E
Zadar	44°8'N	15°14'E
Zagreb	45°50'N	15°58'E
Zagreb	45°50'N	15°58'E

#### Prostorni referentni sustav

Postupak prikaza zemljine površine na karti Zemlja Sfera Projekcija Elipsoid Redukcija

#### Prostorni referentni sustav

- Povijesni referentni sustavi
  - Croatian HDKS GK 15
- Službeni hrvatski prostorni referentni sustav:
  - Croatian HTRS96/TM

```
PROJCS [
"HTRS96/Croatia TM",
GEOGCS [
"HRTRS96",
DATUM ["Croatian Terrestrial Reference System 1989",
SPHEROID ["GRS 1980", 6378137.00, 298.257222101,
],
PRIMEM ["Greenwich", 0.000000],
UNIT ["Decimal Degree", 0.01745329251994328]
],
PROJECTION ["Transverse Mercator"],
PARAMETER ["Latitude_Of_Origin", 0],
PARAMETER ["Longitude_Of_Origin", 16.5],
PARAMETER ["Scale_Factor_At_Central_Meridian", .9999],
PARAMETER ["False_Easting", 500000],
PARAMETER ["False_Northing", 0],
UNIT ["Meter", 1]
]
```

#### GeoATP

- Temeljna obilježja geoprostornih objekata
  - Geometrijska
    - Metrička
      - Oblik (apstrakcija geometrijske strukture: točka, linija, poligon)
      - Položaj (u odnosu na referentni koordinatni sustav)
      - Veličina (0D, 1D, 2D ili 3D)
    - Topološka
      - Relacije među objektima (susjedstvo, povezanost i sl.)
  - Tematska
    - Atributi čije su domene jednostavni tipovi podataka (integer, char ...)



#### **OGC** standard

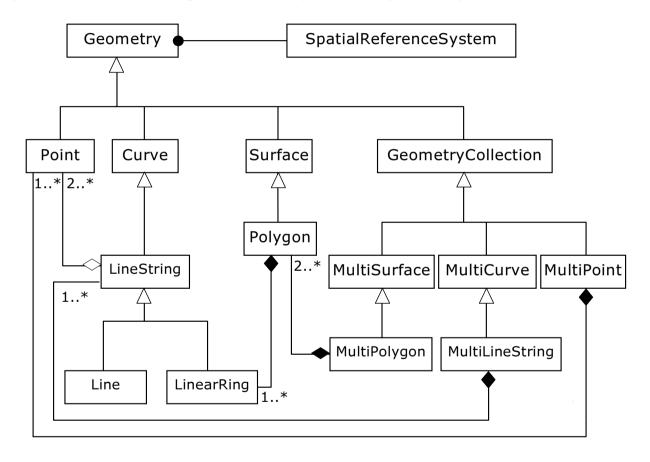
- OGC Open Geospatial Consortium
- OGC Implementation Specifications for Geographic Information –
   Simple feature access
  - Prvi dio: Common Architecture (ISO/WD 19125-1)
    - Dijagram razreda, popis funkcija ...
  - Drugi dio: SQL Option (ISO 19125-2:2004)
    - Implementacija prvog dijela u SQL-u
- Feature (značajka, objektna klasa)
  - Apstrakcija neke pojave u stvarnom svijetu (npr. kuće, ceste, ...)
  - Općenit pojam ne implementira se
- Simple feature
  - Značajka čiji su svi geometrijski atributi prikazani po dijelovima ravnom linijom ili planarnom interpolacijom između skupova točaka

#### OGC standard

- MySQL Spatial Extensions
  - All of the functions that calculate relations between geometries are implemented using bounding boxes not the actual geometries
- PostGIS (PostgreSQL)
  - Podržava neke napredne mogućnosti iz SQL/MM Spatial
- SpatialLite (SQLite)
- Oracle Spatial
  - Podržava neke napredne mogućnosti iz SQL/MM Spatial
- IBM DB2 Spatial Extender
- IBM Informix Spatial DataBlade
- Microsof SQL Server 2008
  - Bitno poboljšano u v2012

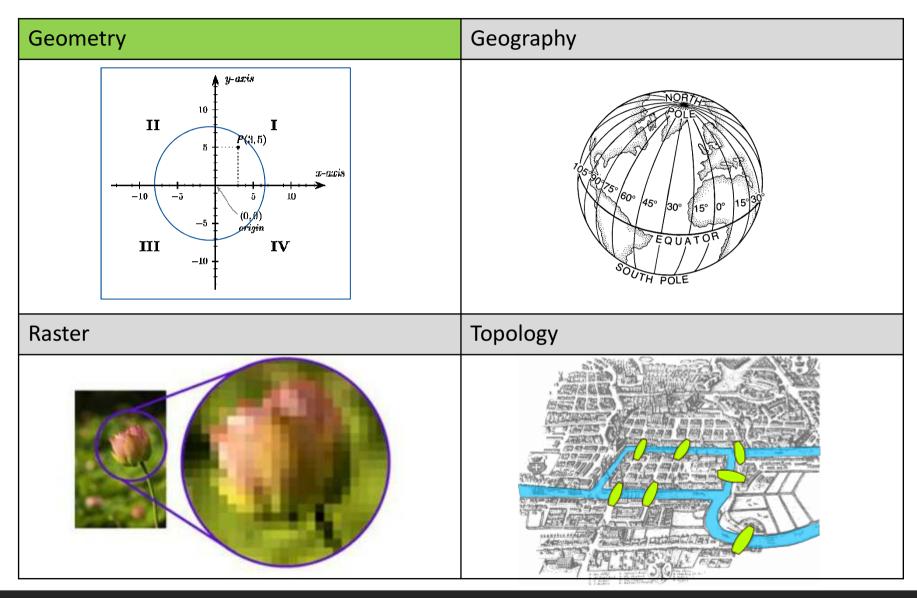
#### **OGC** standard

UML objektni model geometrijskih tipova podataka\*



\*OGC Simple Features Specification for SQL (<a href="http://www.opengeospatial.org">http://www.opengeospatial.org</a>)

#### PostGIS tipovi podataka



#### **Raster vs Vector**

Raster	Vector
+ Lako razumljiv	+ Intuitivno
+ Brzo procesiranje	+ Rezolucija
+ Oblik podataka	+ Topologija
→ Dodatne funkcije za obradu	+ Pohrana
<ul><li>Izgled</li></ul>	<ul> <li>Geometrija je složena</li> </ul>
<ul><li>Preciznost</li></ul>	Spor odziv
<ul><li>Veličina</li></ul>	– Sporiji razvoj (inovacije)

## PostGIS: Geography vs Geometry

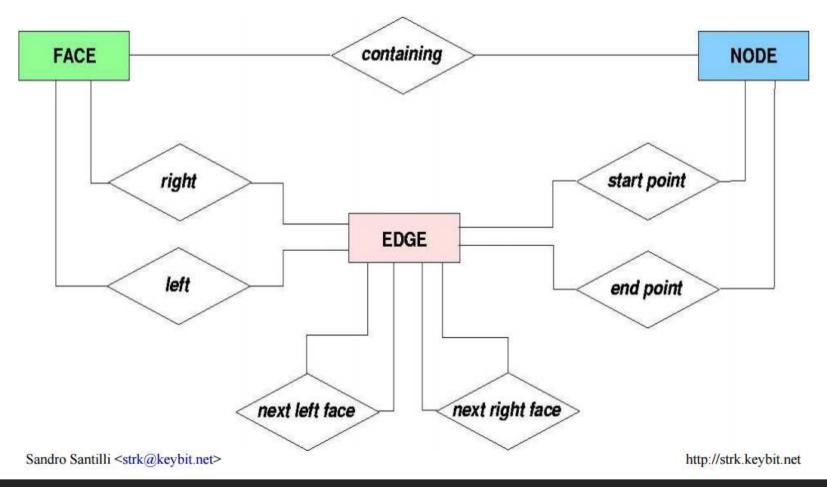
- PostGIS 1.5 uveo novi tip podatka geography
  - Koristi geografske koordinate umjesto Kartertezijevog sustava
  - Koordinate uvijek prikazane u WGS 84 lon/lat (SRID\* 4326) sustavu, ali funkcije "za mjerenje" (ST\_Distance, ST\_DWithin, ST\_Length, ST\_Area) uvijek rade u metrima
- Kod odabira tipa treba uzeti u obzir za što će se koristiti:
  - Geography: jednostavna mjerenja i odnosi na relativno velikom području
  - Geometry: puno bogatiji skup funkcija, provjere odnosna su u pravilu brže, bolja podrška u postojećim alatima

<sup>\*</sup> A **Spatial Reference System Identifier** (**SRID**) is a unique value used to unambiguously identify projected, unprojected, and local spatial coordinate system definitions

#### Topology tip podatka u PostGISu

■ Slika preuzeta s: <a href="http://strk.keybit.net/projects/postgis/Paris2011">http://strk.keybit.net/projects/postgis/Paris2011</a> TopologyWithPostGIS 2 0.pdf

#### Faces, Edges and Nodes

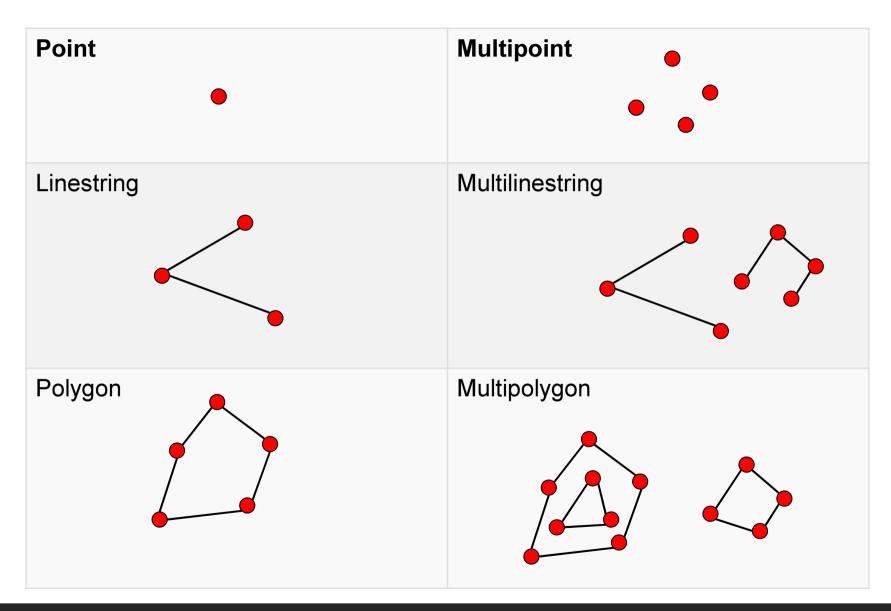


# Topology tip podatka u PostGISu

- Integritet podataka (npr. jedinstvena granice između parcela)
- Smanjenje prostora potrebnog za pohraniti podatke (granica se pohranjuje samo jednom)
- Eksplicitni prostorni odnosi (za svaki edge se zna lijevi i desni face, za svaki node se zna kojem face pripada, itd.)
  - Npr. Dodiruju li se parcela A i B?
    - Da -> imaju zajednički edge!

# Mi ćemo u nastavku (projektu) koristiti geometry data type

# PostGIS (pod)tipovi podataka



### **GeoATP** operacije

#### GeoATP

- Operacije: funkcije čiji su argumenti geoprostorni tipovi podataka, a rezultat je ili geoprostorni tip ili prosti tip (skalarna vrijednost)
- Radimo sa 2D prostorom:
  - Mali skup operacija
    - Smanjuje se kompleksnost upitnog jezika
  - Izražajnost
    - Korisnik može postaviti širok raspon različitih upita
  - Konzistentnost
    - Skup operacija treba biti formalno definiran da se osigura zatvorenost i međusobna isključivost
  - Jezična i spoznajna temeljitost
    - Nazivi operacija trebaju biti sukladni opće prihvaćenom jezičnom korištenju geoprostornih pojmova i spoznajnim osnovama za geoprostorne koncepte

# GeoATP - operacije

- Geometrijske operacije
  - Skupovne (unija, presjek)
  - Aritmetičke (duljina krivulje, površina poligona)
  - Druge (buffer, convex hull)
- Topološke relacije (touches, within, disjoined ...)
- Operacije nad grafovima (traženje najkraćeg puta)

# OGC standard

- Osnovne metode nad geometrijskim objektima
  - Dimension()
  - GeometryType()
  - SRID()
  - Envelope()
  - AsText()
  - AsBinary()
  - IsEmpty()
  - IsSimple()
  - Is3D()
  - IsMeasured()
  - Boundary()

## OGC standard

- Metode za ispitivanje prostornih odnosa
  - Equals(anotherGeometry:Geometry)
  - Disjoint(anotherGeometry:Geometry)
  - Intersects(anotherGeometry:Geometry)
  - Touches(anotherGeometry:Geometry)
  - Crosses(anotherGeometry:Geometry)
  - Within(anotherGeometry:Geometry)
  - Contains(anotherGeometry:Geometry)
  - Overlaps(anotherGeometry:Geometry)

  - locateAlong
  - LocateBetween

## OGC standard

- Metode za prostorne analize
  - Distance(anotherGeometry:Geometry)
  - Buffer(distance:Double)
  - ConvexHull()
  - Intersection(anotherGeometry:Geometry)
  - Union(anotherGeometry:Geometry)
  - Difference(anotherGeometry:Geometry)
  - SymDifference(anotherGeometry:Geometry)

#### Postgis reference card

- http://postgis.net/docs/reference.html
- Cheat sheet: <a href="http://www.postgis.us/downloads/postgis21">http://www.postgis.us/downloads/postgis21</a> cheatsheet.pdf

#### 8.9. Spatial Relationships and Measurements

ST Area — Returns the area of the surface if it is a polygon or multi-polygon. For "geometry" type area is in SRID units. For "geography" area is in square meters.

ST Contains — Returns true if and only if no points of B lie in the exterior of A, and at least one point of the interior of B lies in the interior of A.

ST ContainsProperly — Returns true if B intersects the interior of A but not the boundary (or exterior). A does not contain properly itself, but does contain itself.

ST Covers — Returns 1 (TRUE) if no point in Geometry B is outside Geometry A

ST CoveredBy — Returns 1 (TRUE) if no point in Geometry/Geography A is outside Geometry/Geography B

ST Crosses — Returns TRUE if the supplied geometries have some, but not all, interior points in common.

denoting what kind of crossing behavior. 0 is no crossing.

<u>ST Disjoint</u> — Returns TRUE if the Geometries do not "spatially intersect" - if they do not share any space together.

<u>ST Distance</u> — For geometry type Returns the 2-dimensional cartesian minimum distance (based on spatial ref) between two geometries in projected units. For geography type defaults to return spheroidal minimum distance between two geographies in meters.

<u>ST DWithin</u> — Returns true if the geometries are within the specified distance of one another. For geometry units are in those of spatial reference and For geography units are in meters and measurement is defaulted to use\_spheroid=true (measure around spheroid), for faster check, use\_spheroid=false to measure along sphere.

<u>ST Equals</u> — Returns true if the given geometries represent the same geometry. Directionality is ignored.

<u>ST Intersects</u> — Returns TRUE if the Geometries/Geography "spatially intersect in 2D" - (share any portion of space) and FALSE if they don't (they are Disjoint). For geography -- tolerance is 0.00001 meters (so any points that close are considered to intersect)

<u>ST Length</u> — Returns the 2d length of the geometry if it is a linestring or multilinestring. geometry are in units of spatial reference and geography are in meters (default spheroid)

<u>ST Overlaps</u> — Returns TRUE if the Geometries share space, are of the same dimension, but are not completely contained by each other.

•••

ST Within — Returns true if the geometry A is completely inside geometry B



#### Postgis reference card (2)

#### 8.10. Geometry Processing

<u>ST Buffer</u> — (T) For geometry: Returns a geometry that represents all points whose distance from this Geometry is less than or equal to distance. Calculations are in the Spatial Reference System of this Geometry. For geography: Uses a planar transform wrapper.

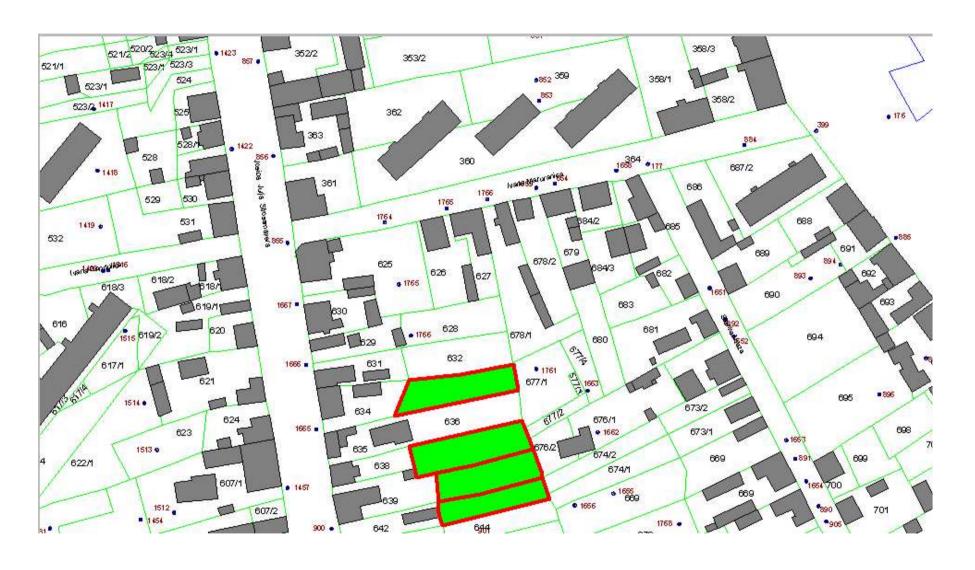
...

- <u>ST ConcaveHull</u> The concave hull of a geometry represents a possibly concave geometry that encloses all geometries within the set. You can think of it as shrink wrapping.
- <u>ST ConvexHull</u> The convex hull of a geometry represents the minimum convex geometry that encloses all geometries within the set.
- ST CurveToLine Converts a CIRCULARSTRING/CURVEDPOLYGON to a LINESTRING/POLYGON
- <u>ST DelaunayTriangles</u> Return a Delaunay triangulation around the given input points.
- <u>ST Difference</u> Returns a geometry that represents that part of geometry A that does not intersect with geometry B.
- <u>ST Intersection</u> (T) Returns a geometry that represents the shared portion of geomA and geomB. The geography implementation does a transform to geometry to do the intersection and then transform back to WGS84.
- <u>ST MakeValid</u> Attempts to make an invalid geometry valid without losing vertices.
- <u>ST MemUnion</u> Same as ST\_Union, only memory-friendly (uses less memory and more processor time).
- <u>ST MinimumBoundingCircle</u> Returns the smallest circle polygon that can fully contain a geometry. Default uses 48 segments per quarter circle.

...

- <u>ST Polygonize</u> Aggregate. Creates a GeometryCollection containing possible polygons formed from the constituent linework of a set of geometries.
- <u>ST SymDifference</u> Returns a geometry that represents the portions of A and B that do not intersect. It is called a symmetric difference because ST\_SymDifference(A,B) = ST\_SymDifference(B,A).
- <u>ST Union</u> Returns a geometry that represents the point set union of the Geometries.

### Primjer: parcele i poslovne/stambene zgrade



#### **PostGIS** primjer

- Zadatak: Ispisati sve podatke o poslovnim zgradama koje se nalaze na parceli koja ima gid 2996.
- Odgovor:

```
SELECT * FROM poslovnazgrada pz, parcela parc
WHERE parc.gid = 2996
AND ST_Within(pz.the_geom, parc.the_geom)
```

- Zadatak: Ispisati broj i površinu stambenih zgrada koje se nalaze na parceli koja ima gid 2284.
- Odgovor:

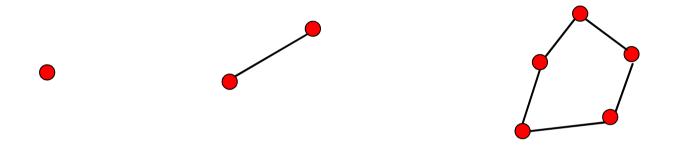
```
SELECT COUNT(*), SUM(ST_Area(sz.the_geom))
  FROM stambenazgrada sz, parcela parc
WHERE parc.gid = 2284
  AND ST_Within(sz.the_geom, parc.the_geom)
```

## Definicije operacija

- Model 9 presjeka (9IM)
  - Binarna topološka relacija R između dva prostorna objekta A i B opisuje se usporedbom unutrašnjosti (A°), granice (∂A) i vanjštine (A⁻) dvaju objekata.
  - Tih 6 komponenata moguće je kombinirati tako da oblikuju 9 temeljnih vrijednosti (presjeka) za opis topoloških relacija
  - Svaki presjek može poprimiti vrijednosti Ø i ¬Ø
  - Uređeni skup 9 presjeka može se prikazati matricom:

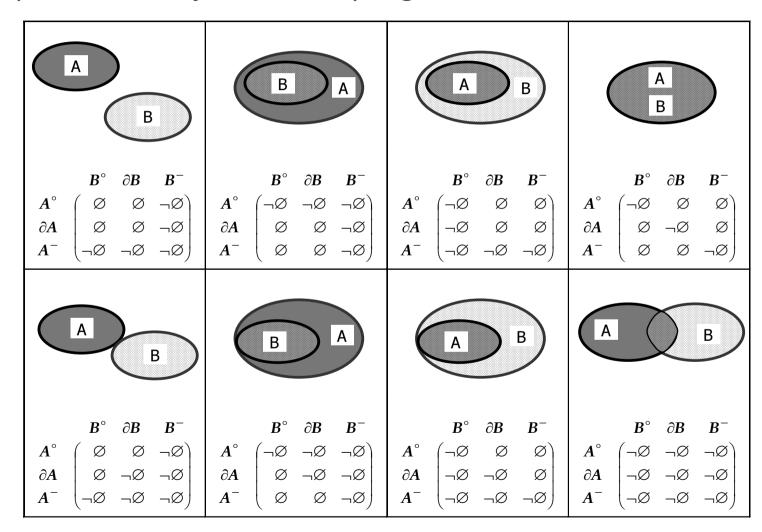
$$R(A,B) = \begin{pmatrix} A^{0} \cap B^{0} & A^{0} \cap \partial B & A^{0} \cap B^{-} \\ \partial A \cap B^{0} & \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^{-} \\ A^{-} \cap B^{0} & A^{-} \cap \partial B & A^{-} \cap B^{-} \end{pmatrix}$$

Osnovni tipovi podataka: točka, linija, poligon

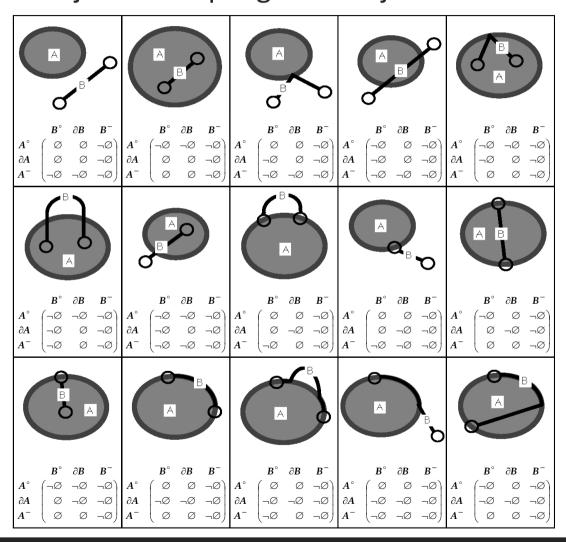


- Unutrašnjost granica i vanjština
  - Unutrašnjost i granica poligona su jasne
  - Granica linije su točke na njenim krajevima dok je unutrašnjost sve ostalo
  - Točka nema granicu već samo unutrašnjost i vanjštinu

Topološke relacije između 2 poligona:



Topološke relacije između poligona i linije:



- Dimenzijski prošireni model 9 presjeka (DE-9IM)
  - Pored operatora unutrašnjosti (°), granice (∂) i vanjštine(⁻), uvodi se i operator dimenzije

dim(S) = 
$$\begin{cases}
-ako je S = \emptyset \\
0 ako S sadrži barem točku, ali ne i linije i površine \\
1 ako S sadrži barem liniju, ali ne površinu \\
2 ako S sadrži barem površinu$$

\*S – opći skup točaka

- Svaki element matrice proširuje se dimenzijom
  - Novu matricu moguće je zapisati ovako:

$$DE9I = \begin{pmatrix} \dim(\partial \lambda_1 \cap \partial \lambda_2) & \dim(\partial \lambda_1 \cap \lambda_2^0) & \dim(\partial \lambda_1 \cap \lambda_2^-) \\ \dim(\lambda_1^0 \cap \partial \lambda_2) & \dim(\lambda_1^0 \cap \lambda_2^0) & \dim(\lambda_1^0 \cap \lambda_2^-) \\ \dim(\lambda_1^- \cap \partial \lambda_2) & \dim(\lambda_1^- \cap \lambda_2^0) & \dim(\lambda_1^- \cap \lambda_2^-) \end{pmatrix}$$

 Na temelju dimenzijski proširenog modela 9 presjeka, definiraju se topološke relacije

Relacije dodirivanja (*touch*) vrijedi za parove objekata poligon/poligon, poligon/linija, linija/linija, točka/poligon i točka/linija

$$\langle \lambda_1, touch, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^0 \cap \lambda_2^0 = \varnothing) \land (\lambda_1 \cap \lambda_2 \neq \varnothing)$$

Relacija presijecanja (*cross*) vrijedi za parove linija/linija i linija/poligon

$$\langle \lambda_1, cross, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow \left( \dim(\lambda_1^0 \cap \lambda_2^0) = \max(\dim(\lambda_1^0), \dim(\lambda_2^0)) - 1 \right) \wedge (\lambda_1 \cap \lambda_2 \neq \lambda_1) \wedge (\lambda_1 \cap \lambda_2 \neq \lambda_2)$$

# Ge

#### GeoATP – topološke relacije

Relacija pripadanja (*in* ili *nalazi\_se\_u*) vrijedi za sve kombinacije objekata

$$\langle \lambda_1, in, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1 \cap \lambda_2 = \lambda_1) \wedge (\lambda_1^0 \cap \lambda_2^0 \neq \emptyset)$$

Relacija preklapanja (*overlap*) vrijedi za homogene parove poligon/poligon i linija/linija

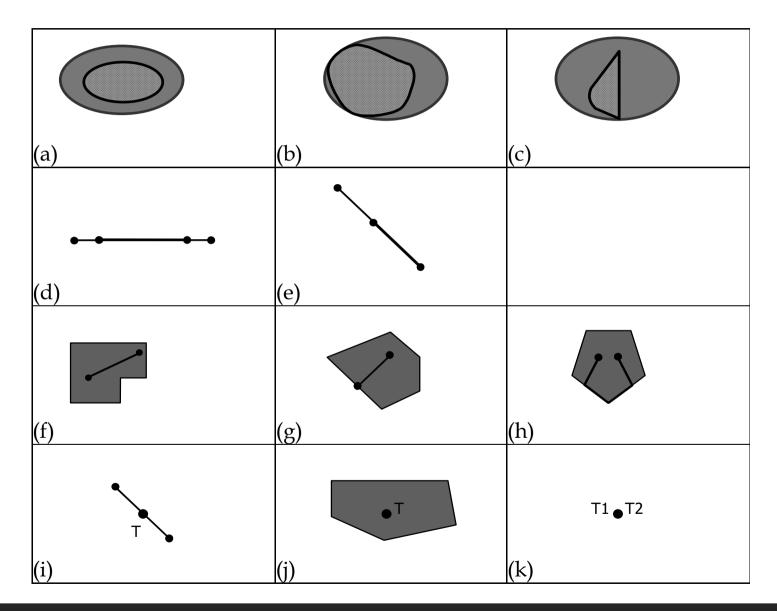
$$\langle \lambda_1, overlap, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow \left( \dim(\lambda_1^0) = \dim(\lambda_2^0) = \dim(\lambda_1^0 \cap \lambda_2^0) \right) \wedge (\lambda_1 \cap \lambda_2 \neq \lambda_1) \wedge (\lambda_1 \cap \lambda_2 \neq \lambda_2)$$

Relacija odvojenosti (*disjoint*) vrijedi za sve kombinacije objekata

$$\langle \lambda_1, \text{disjoint}, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow \lambda_1 \cap \lambda_2 = \emptyset$$

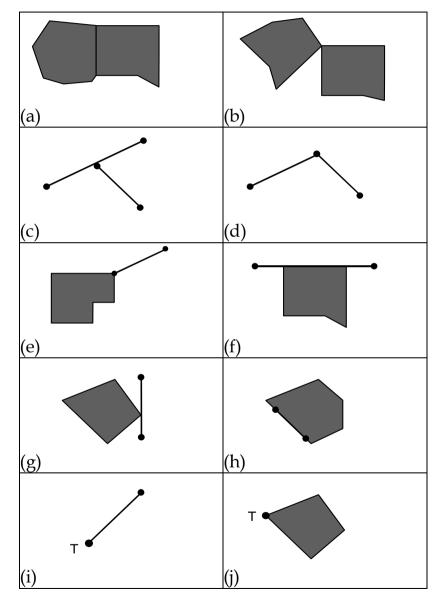
## Topološke relacije – primjeri (1)

**•** *in*:



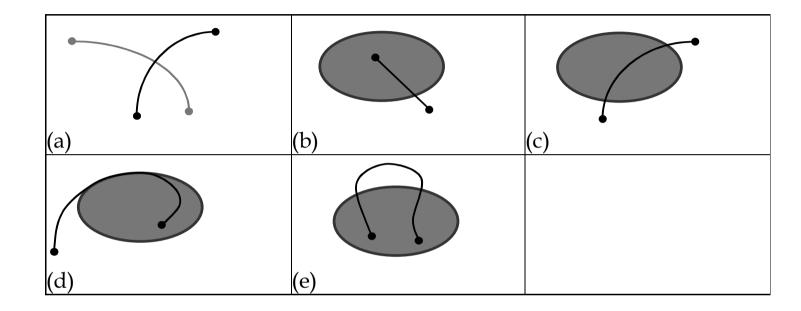
# Topološke relacije – primjeri (2)

• touch:

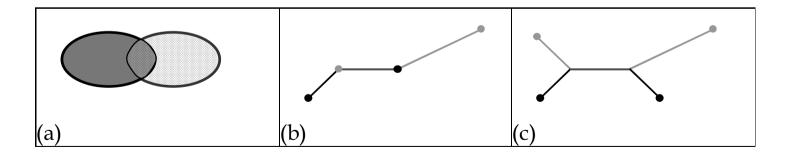


### Topološke relacije – primjeri (3)

cross:

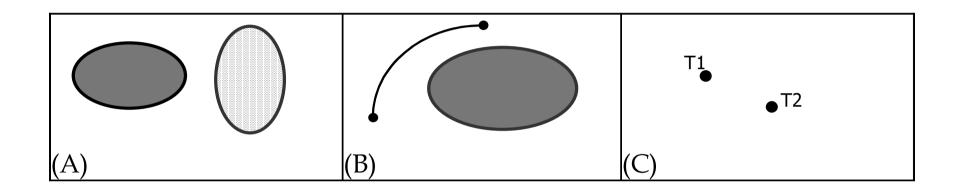


overlap:

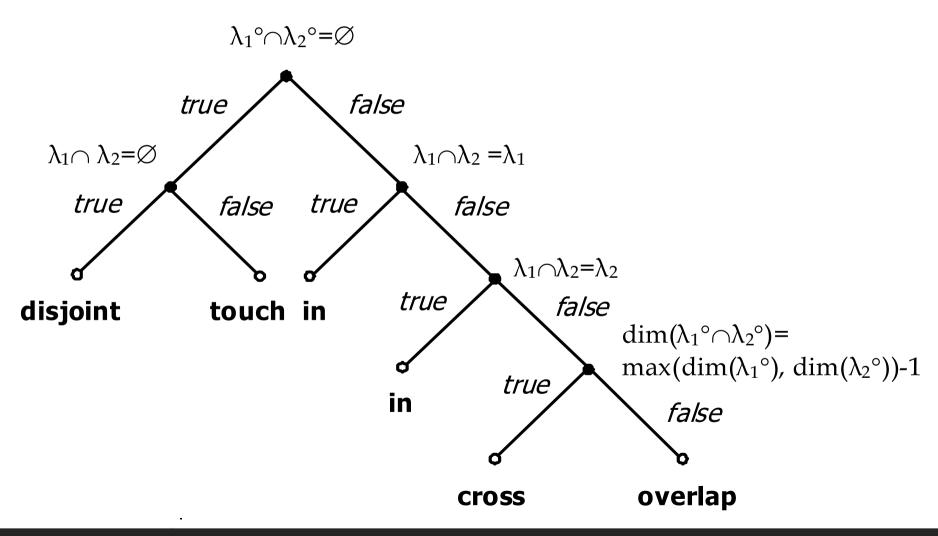


### Topološke relacije – primjeri (4)

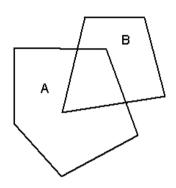
#### disjoint:

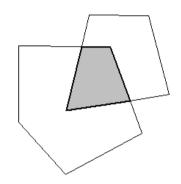


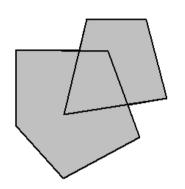
Međusobna isključivost i zatvorenost skupa topoloških relacija



Skupovne geometrijske operacije

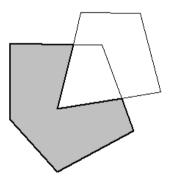


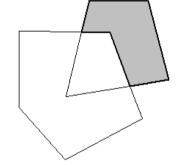


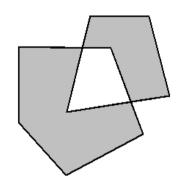


A intersection B

A union B







•  $A - B = \{x \in \Re^2 | x \in A \land x \notin B\}$ 

•  $A \cup B = \{x \in \Re^2 \mid x \in A \lor x \in B\}$ 

•  $A \cap B = \{x \in \Re^2 | x \in A \land x \in B\}$ 

A difference B

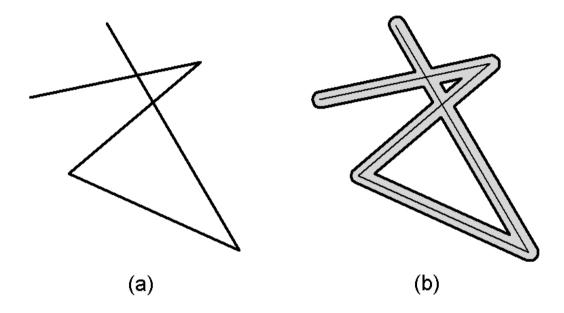
B difference A

A symDifference B

• 
$$A \oplus B = \{x \in \Re^2 \mid (x \in A \land x \notin B) \cup (x \in B \land x \notin A)\}$$

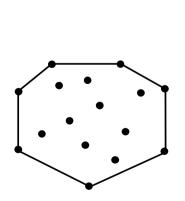
*=Symmetric difference* 

■ Bafer (*buffer*)



$$buffer(\delta) = \begin{cases} \delta > 0 : \{x \in \Re^2 | d(x,g) \le \delta\} \\ \delta < 0 : \{x \in \Re^2 | x \in g \land d(x,\partial g) > \delta\} \end{cases}$$

- Konveksna ljuska (convex hull)
  - Konveksna ljuska skupa točaka S jest najmanji konveksni skup točaka (poligon) za koji je svaka točka skupa S ili na granici ili u unutrašnjosti tog poligona
  - Konveksni skup točaka (poligon) linija povučena između bilo koje dvije točke skupa u potpunosti se nalazi u tom skupu



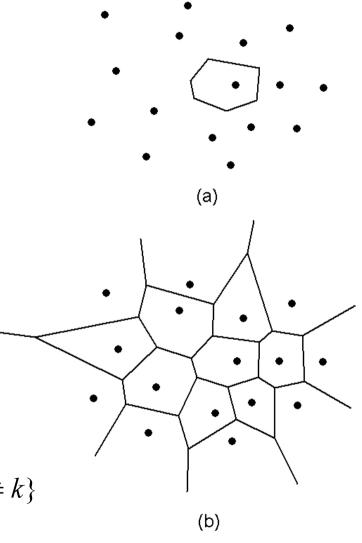






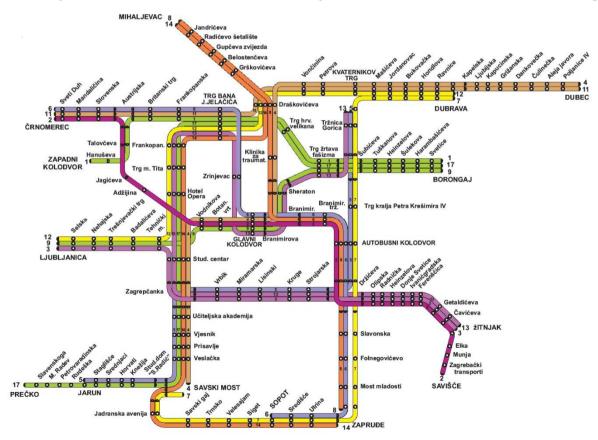
- Voronoijev dijagram (*voronoi*)
- Geoprostorni upit korisnika
  - Odredi područja u Hrvatskoj koja gravitiraju pojedinim gradovima sa više od 50000 stanovnika
- Geometrijska operacija
  - Za svaku točku ravnine odrediti koja joj je od N točaka iz skupa S najbliža

$$voronoi(t_k) \Leftrightarrow \{x \in \Re^2 \mid d(t_k, x) > d(t_i, x), \forall i \neq k\}$$



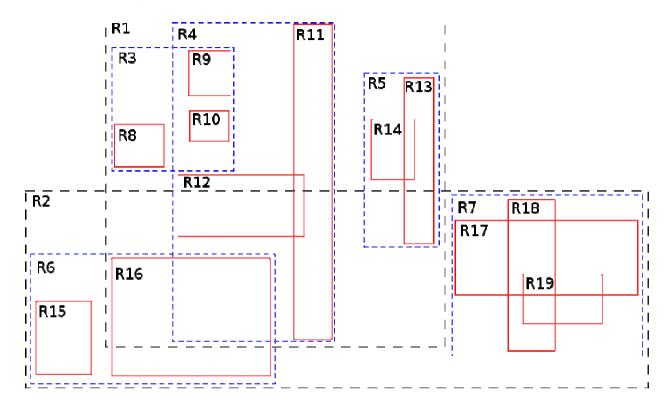
#### GeoATP – operacije nad grafovima

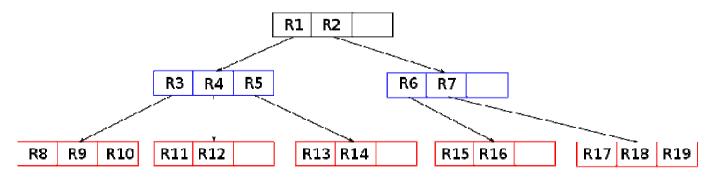
- Pronalaženje najkraćeg puta (PostGIS: pgRouting extension)
- Upit korisnika:
  - Najkraći put između stanica Zapadni kolodvor i Velesajam



#### R stablo

- Slično B stablima
- Indeksira se položaj objekta u bazi (koordinate)
- Dijeli prostor na minimalne ograničavajuće pravokutnike (MBR minimal bounding rectangle/box)
- Svaki čvor može sadržavati više elemenata
- Element unutarnjeg čvora sadrži pokazivače na svoju djecu te MBR unutar kojeg se njegova djeca nalaze
- Element lista sadrži identifikator objekta te MBR unutar kojeg se taj objekt nalazi



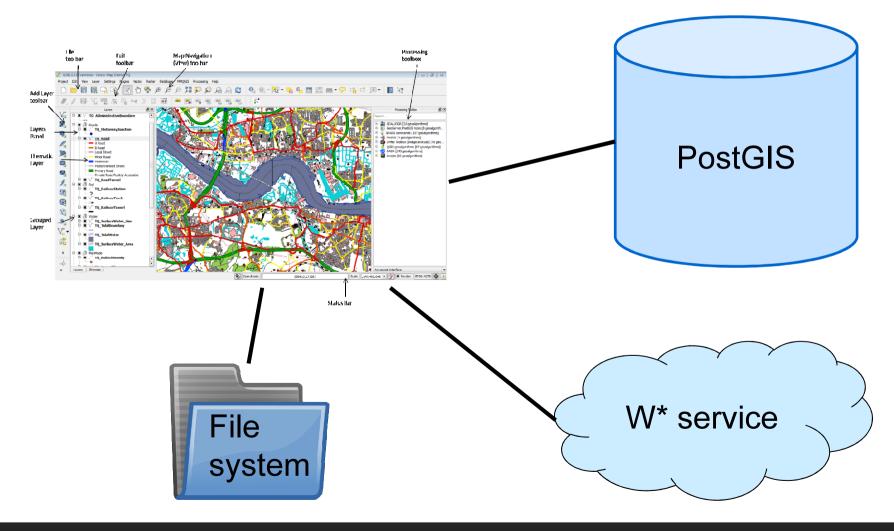


- Prilikom pretraživanja minimalni ograničavajući pravokutnici se koriste kod odlučivanja koje će se čvorove pretraživati
  - Značajno se smanjuje broj čvorova koje treba pretražiti
- Koristi se i kod prostornog spajanja (u uvjetu spajanja koristi se prostorna funkcija)
  - R\*stabla (ne samo MBR area, min(overlap), min(sum(len(edge))), max(storage) )
  - R+ stabla (MBR se ne preklapaju, objekti u više čvorova)
  - Hilbertovo R-stablo (Hilbert value(centroid) guides the insertion)

## Uporaba PostGISa u (web) aplikacijama

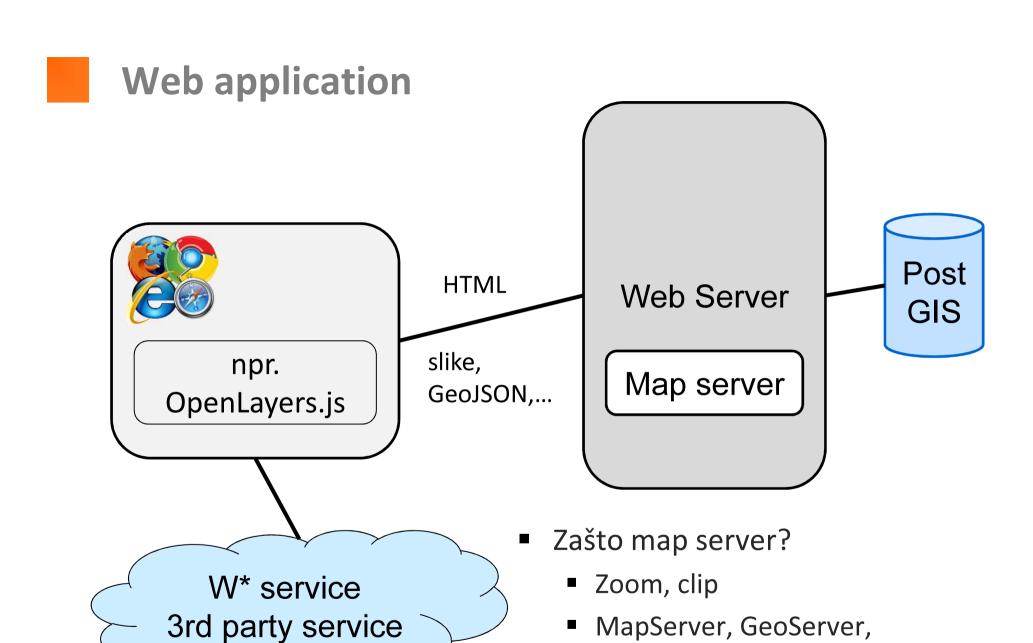
### Klijent – poslužitelj

#### Npr. QGIS



## Geo (map) usluge

- OGC web servisi:
  - **WMS** Web Mapping Service za iscrtavanje vektorskih i rasterskih podataka **kao slike** (JPEG, PNG, ...)
  - WFS Web Feature Service vraća vektorske podatka u nekom XML formatu (GML, KML) ili JSON formatu (GeoJSON)
  - WFS-T uređivanje vektorskih podataka u transakcijskom stilu
  - Web Tiling Services, Web Coverage Services ...
- Proprietary (3rd party) usluge
  - Google Maps
  - Bing
  - Map Quest
  - **.**..



FaetureServer, SharpMap.Net, ...

# Projekt

## Projektni zadatak

- Laboratorij profila Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi
- Tijekom izrade projekta studenti će se upoznati s osnovama upravljanja geoprostornim podacima
- Projekt će se raditi samostalno
- Upute su u posebnom dokumentu na stranicama predmeta

#### **Zadatci**

- 1. Spajanjem županija podijelite hrvatsku **u četiri regije** (dodatni bodovi za onoga tko riješi tako da se osigura da su regije približno jednake površine koliko je to moguće ©). Prikažite regije.
- 2. Označite samo rijeku Savu. Kolika je duljina rijeke Save u vašim regijama?
- 3. Doznajte **koliko bi se metara** trebala izliti **Sava** da bude pogođena barem jedna zgrada (makar djelomično)? Prikažite tu situaciju na karti (st\_buffer). Opišite kako ste se nosili s velikom količinom podataka, odnosno kako ste to riješili.
- 4. Prikažite županije u različitim nijansama zelene boje s obzirom na površinu šuma, nalik:

5. Riješite pitanje iz predavanja – odrediti područja u Hrvatskoj koja gravitiraju pojedinim gradovima s više od 30000 stanovnika, nalik:



#### Projektni zadatak

- Napisati kratku dokumentaciju u kojoj će biti opisani koraci prilikom rada na projektu
  - Upiti i rezultati, vizualizacija
  - Eventualni problemi na koje je student naišao
- Dokumentaciju postaviti u vlastiti direktorij NMIBP/P2 na FTP serveru
- Studenti će sami prezentirati svoj projekt i odgovarati na pitanja
- Rok za predaju: četvrtak, 10.12.2015. u 12:00
- Prezentacija projekta: petak, 11.12.2015. 08:30-12:00 u d259
   (grupe na webu)