



Sveučilište u Zagrebu
GEODETSKI FAKULTET



Kartografija i baze podataka

Prof. dr. sc. Damir Medak

Radionica: Kartografske projekcije i novosti u kartografiji
Zagreb, 20.5.2022.



SADRŽAJ

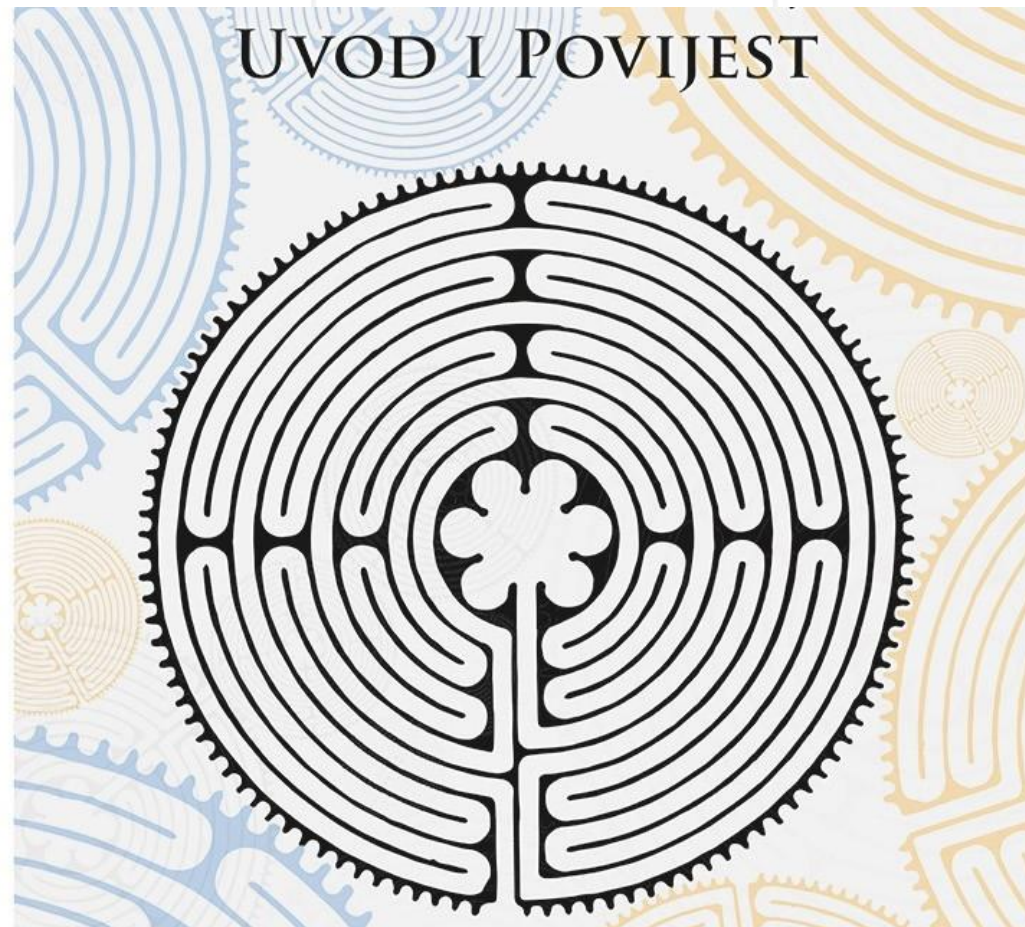
Baze podataka – definicija i povijest

Baze prostornih podataka

OpenGIS standardi

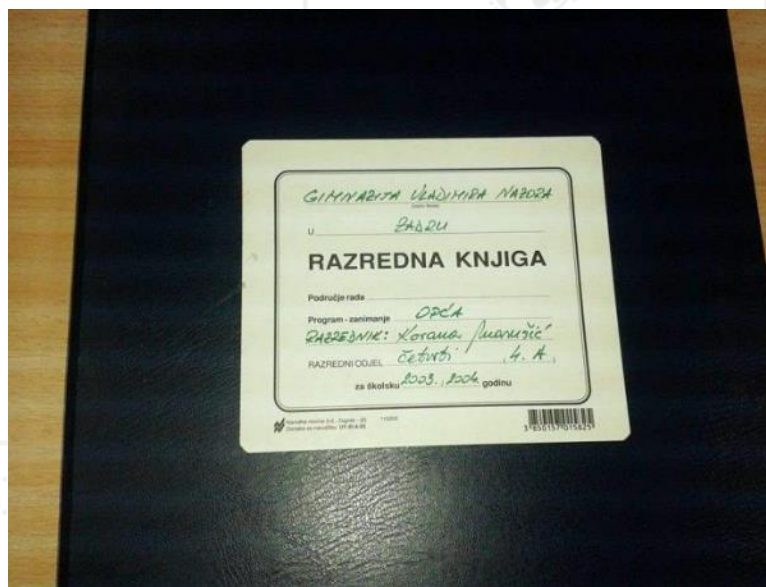
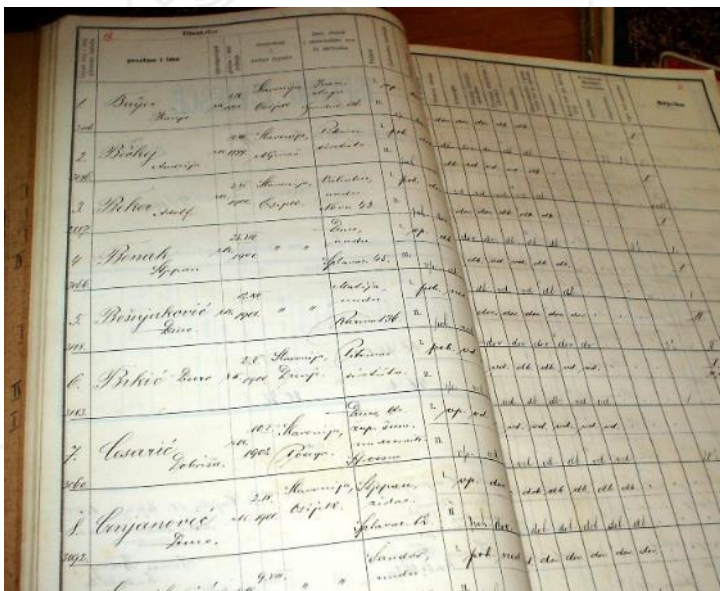
Imaju li koordinate alternativu?

Zaključak



Analogno i digitalno

- Primjer: od imenika do e-dnevnika



e-Dnevnik za učenike i roditelje

Učenici

Korisničko ime:

Lozinka:

PRIJAVA

Roditelji

Nakon prijave na ovaj dio sučelja moći ćete odabrati za koje dijete želite pregledavati podatke.

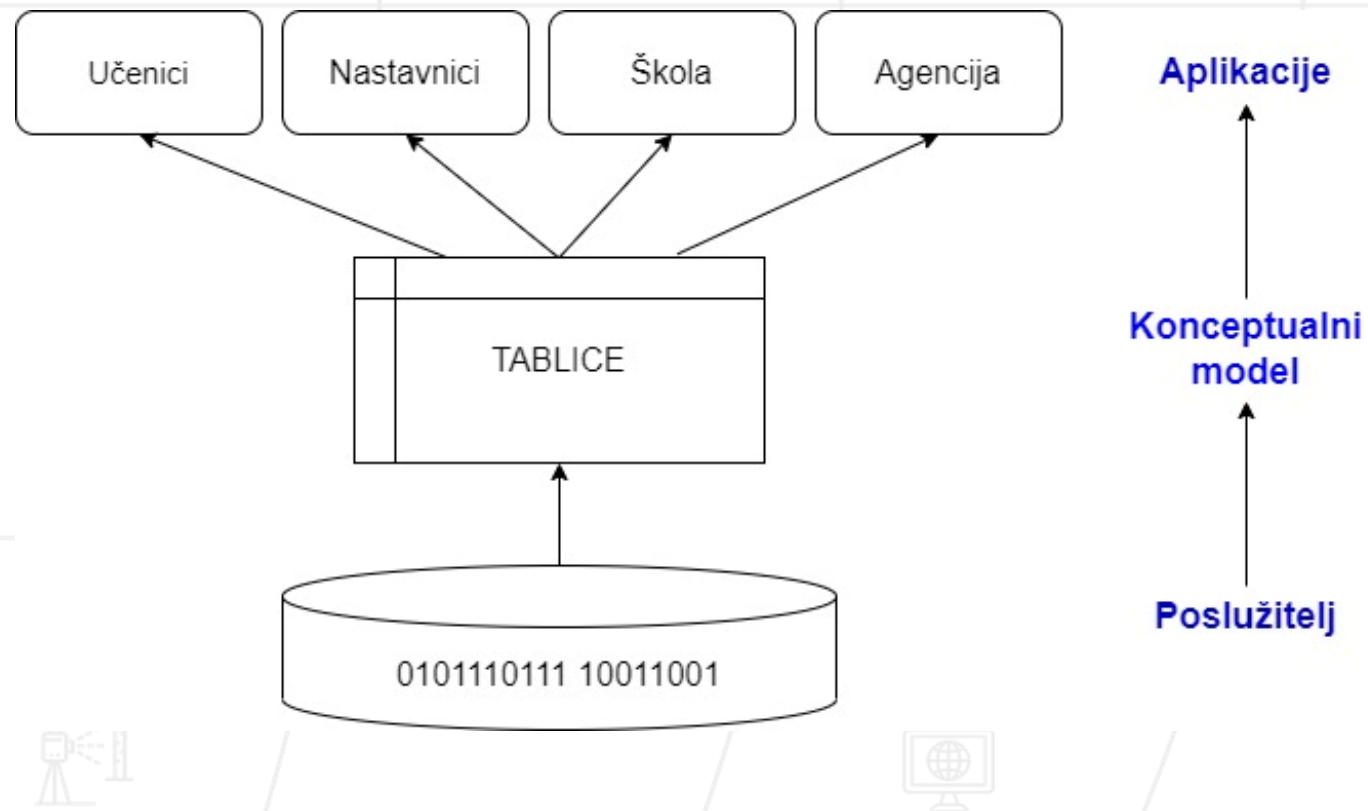
Prijava se izvršava putem sustava e-Građani.

PRIJAVA

Iz pedagoških razloga, ocjene se prikazuju s vremenskim odmakom od 48 sati.

Što je baza podataka?

- **Baza podataka** je skup međusobno **povezanih** podataka pohranjenih **bez redundancije** s ciljem da na optimalan način posluže **u raznim primjenama**.
- **Sustav za upravljanje bazom podataka** (DBMS) je softverski paket koji omogućuje opis i manipulaciju podacima uz pomoć posebnog jezika.



Kad ne bi bilo baza podataka ...

- Redundancija i nekonzistentnost
- Ograničena mogućnost pristupa podacima
- Problemi pri višekorisničkoj uporabi podataka
- Gubitak podataka
- Povreda integriteta podataka
- Sigurnosni problemi
- Visoki troškovi razvoja aplikacija

Povijesni razvoj baza podataka

- 1962: pojam „data-base” prvi put u Oksfordskom rječniku
- 1969: **mrežni model** (direktna veza podataka i memorijske adrese)
- 1970: **relacijski model** (Edgar Codd, IBM: podaci povezani neovisno o memorijskom prostoru),
- 1980: **objektni model** (prva generacija post-relacijskih baza podataka)
- 2010: **NoSQL model** (druga generacija post-relacijskih baza podataka)

SQL – više od jezika za upite

- 1970ih: **Structured English Query Language** (SEQUEL)
- 1986: prvi standard (ANSI) - **Structured Query Language**
- 1992: drugi standard (ISO 9075) – **SQL-92**
- 1999: SQL3 – povezivanje s programskim jezikom Java
- 2003: osnovna funkcionalnost za XML
- 2006: povezivanje s jezikom XQuery (W3C)

ORACLE®



PostgreSQL

MySQL®

Microsoft®
SQL Server®



SQL i koordinate

- SQL je dizajniran za obradu brojeva, znakova i datuma.
- SQL je vrlo moćan alat bez kojeg danas ne možemo zamisliti poslovanje, banke, burze, e-dnevnik, sustav e-građani ...
- No, kako riješiti jednostavan matematički problem koji uključuje koordinate?
- Primjer: euklidska udaljenost dviju točaka u ravnini?

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

1. korak: napraviti tablice

```
CREATE TABLE tocke (  
  id_tocke INTEGER PRIMARY KEY,  
  x REAL NOT NULL,  
  y REAL NOT NULL  
);  
  
CREATE TABLE linije (  
  id_linije INTEGER PRIMARY KEY,  
  pocetna_tocka INTEGER REFERENCES tocke (id_tocke),  
  krajnja_tocka INTEGER REFERENCES tocke (id_tocke)  
);
```

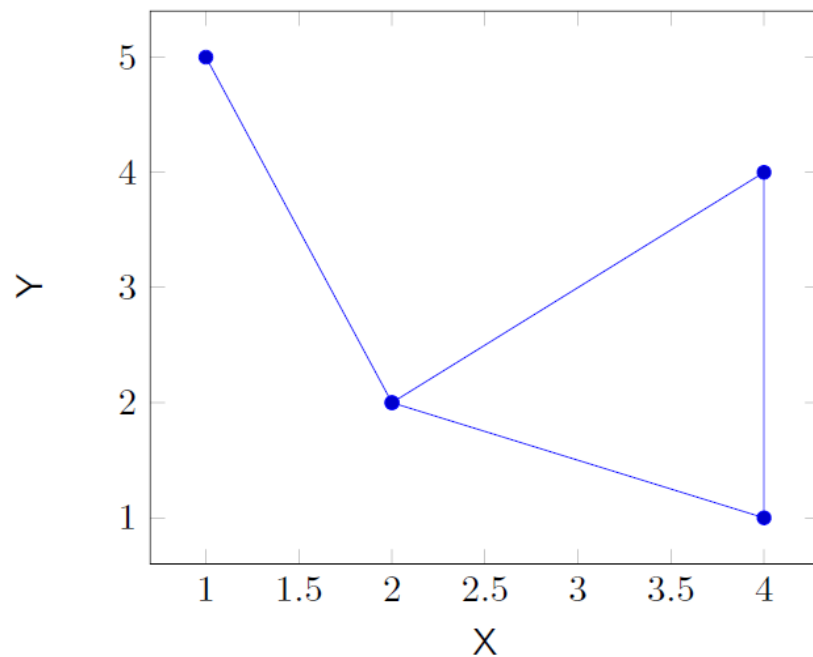
H = 116 m



2. korak: unijeti koordinate u tablice

```
INSERT INTO tocke  
VALUES (1, 2, 2), (2, 4, 4), (3, 4, 1), (4, 1, 5);
```

```
INSERT INTO linije  
VALUES (1, 1, 2), (2, 2, 3), (3, 3, 1), (4, 1, 4);
```



3. korak: pronaći koordinate u tablicama

```
SELECT x, y  
FROM linije INNER JOIN tocke  
ON tocke.id_tocke = linije.pocetna_tocka
```

```
SELECT x, y  
FROM linije INNER JOIN tocke  
ON tocke.id_tocke = linije.krajnja_tocka
```


φ = 45°48'31.1"
λ = 15°57'49.9"
H = 116 m



4. korak: izračunati udaljenost

```
SELECT sqrt((x1-x2)^2 + (y1-y2)^2) as duljina
FROM (

  SELECT po_tocka.x as x1, po_tocka.y as y1,
         kr_tocka.x as x2, kr_tocka.y as y2

  FROM linije INNER JOIN tocke as po_tocka
              ON po_tocka.id_tocke = linije.pocetna_tocka
  INNER JOIN tocke as kr_tocka
              ON kr_tocka.id_tocke = linije.krajnja_tocka

  WHERE id_linije = 1

) as koordinate_linije
```


Prednost: primjenjivost rješenja za drugačiji zadatak (opseg trokuta)

```
SELECT sum( sqrt((x1-x2)^2 + (y1-y2)^2) ) as opseg
FROM (

  SELECT po_tocka.x as x1, po_tocka.y as y1,
         kr_tocka.x as x2, kr_tocka.y as y2

  FROM linije INNER JOIN tocke as po_tocka
             ON po_tocka.id_tocke = linije.pocetna_tocka
  INNER JOIN tocke as kr_tocka
             ON kr_tocka.id_tocke = linije.krajnja_tocka

  WHERE id_linije IN (1,2,3)

) as koordinate_linije
```



Objektno-relacijske baze podataka

- SQL-92 **nije** pogodan alat za rješavanje geometrijskih problema, pa posljedično nije pogodan ni za kartografiju, geografiju i GIS.
- Sredinom 80-ih godina prošlog stoljeća relacijski model je proširen obilježjima objektne orijentacije i nastaju **objektno-relacijske baze podataka**.
- Proširenja SQL-a uključuju nove tipove podataka (uključujući geometrijske) i nove operacije/funkcije (uključujući geometrijske).

Geometrijski tipovi u PostgreSQL-u

naziv (eng)	oblik	naziv (hr)
line	$((x_1, y_1), (x_2, y_2))$	pravac
lseg	$((x_1, y_1), (x_2, y_2))$	dužina
box	$((x_1, y_1), (x_2, y_2))$	pravokutnik
path	$((x_1, y_1), \dots)$	zatvorena polilinija
open path	$[(x_1, y_1), \dots]$	otvorena polilinija
polygon	$((x_1, y_1), \dots)$	poligon
circle	$\langle (x, y), r \rangle$	krug



Geometrijske operacije u PostgreSQL-u

simbol	naziv	specifikacija
+	translacija pravokutnika	$box \times point \mapsto box$
*	promjena mjerila	$box \times point \mapsto box$
#	presjek dužina	$lseg \times lseg \mapsto point$
#	broj vrhova poligona	$polygon \mapsto integer$
&&	preklapanje poligona	$polygon \times polygon \mapsto bool$
<<	da li je s lijeve strane?	$geom \times geom \mapsto bool$
>>	da li je s desne strane?	$geom \times geom \mapsto bool$
<<	da li je ispod?	$geom \times geom \mapsto bool$
?#	presjek	$path \times geom \mapsto bool$
< @	unutar ili na	$point \times polygon \mapsto bool$



Primjer: Naći ceste koje prolaze općinom X

```
SELECT Cesta.naziv
FROM Opcine, Ceste
WHERE Opcine.opcinaID = 'X'
AND Opcine.geometry ?# Ceste.geometry;
```

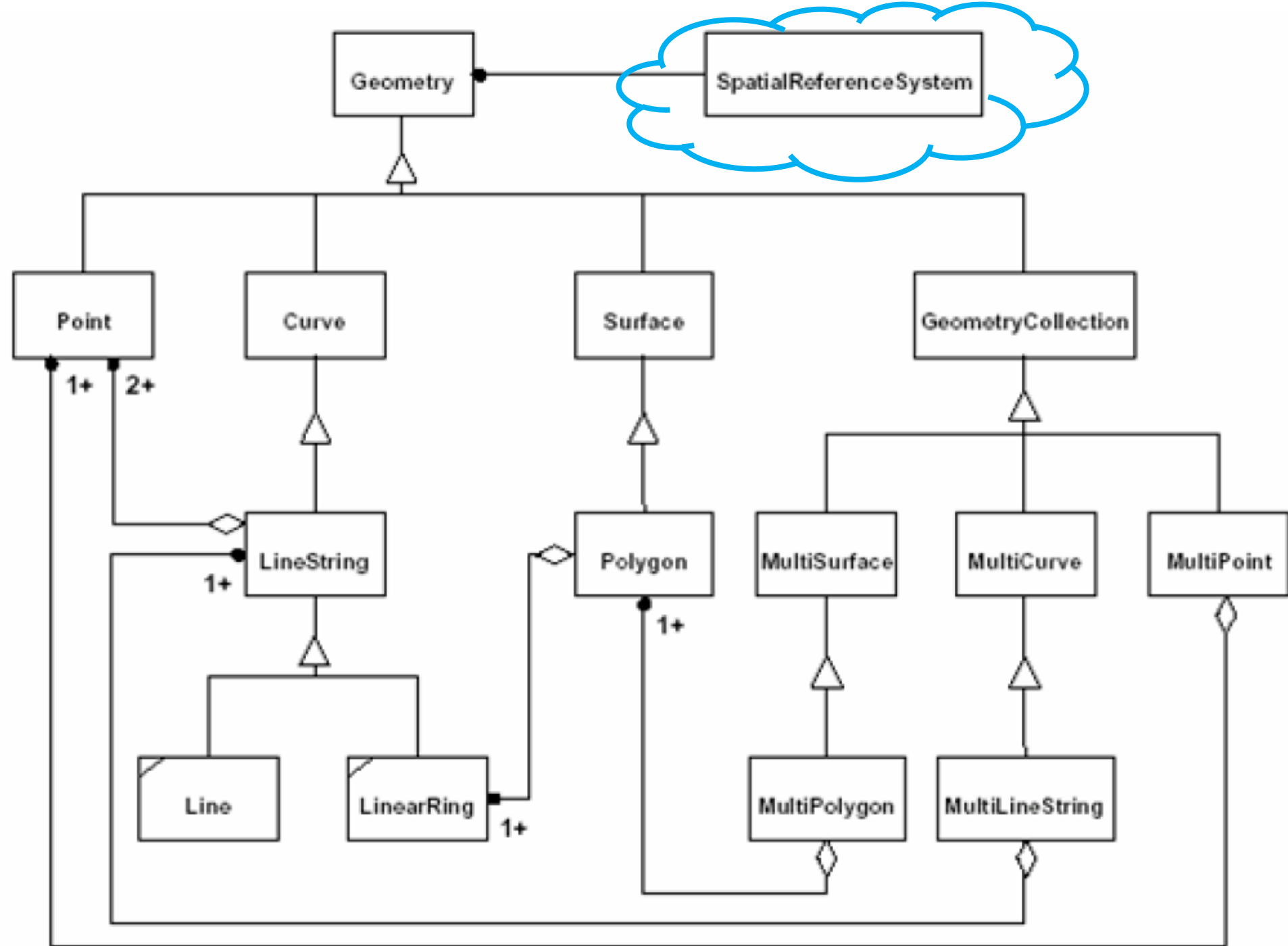



 $\varphi = 45^{\circ}48'31.1''$
 $\lambda = 15^{\circ}57'49.9''$
H = 116 m



- Poslovna i akademska zajednica, zajedno s nadležnim vladinim tijelima osnivaju 1994. godine **OGC**, tada pod nazivom „**OpenGIS Consortium**”, od 2004. godine „Open Geospatial Consortium”
- Cilj: međunarodni konsenzus oko standarda za geoprostorne sadržaje i usluge, kako bi se pojednostavio njihov razvoj i dijeljenje
- Open GIS \neq „Otvoreni geografski informacijski sustav”
- Open GIS = Open Geodata Interoperability Specification

OpenGIS specifikacija za SQL (1999)

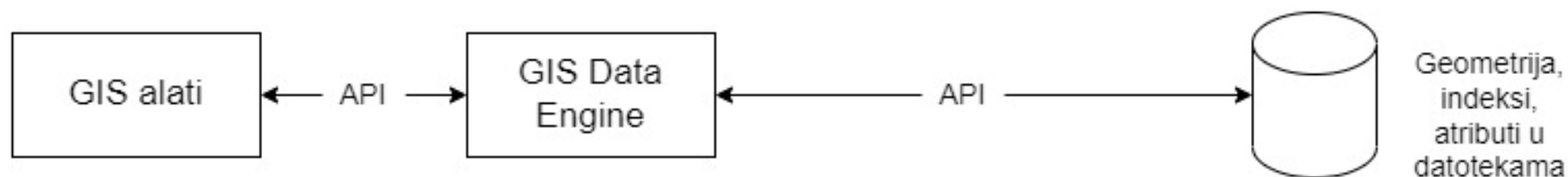


- „geoprostorni dodatak” objektno-relacijskoj bazi podataka PostgreSQL
- razvoj započeo 2001., prva stabilna verzija 2006. godine
- GIS programi koji koriste PostGIS kao „database backend”:
 - ArcGIS
 - CadCorp
 - CartoDB
 - GeoMedia
 - GeoServer
 - GeoNetwork
 - GRASS GIS
 - gvSIG
 - Manifold
 - MapInfo
 - Mapnik
 - MapServer
 - Maptitude
 - MapGuide
 - OpenJump
 - OpenStreetMap
 - QGIS
 - SAGA GIS
 - TerraLib
 - TerraView
 - uDig

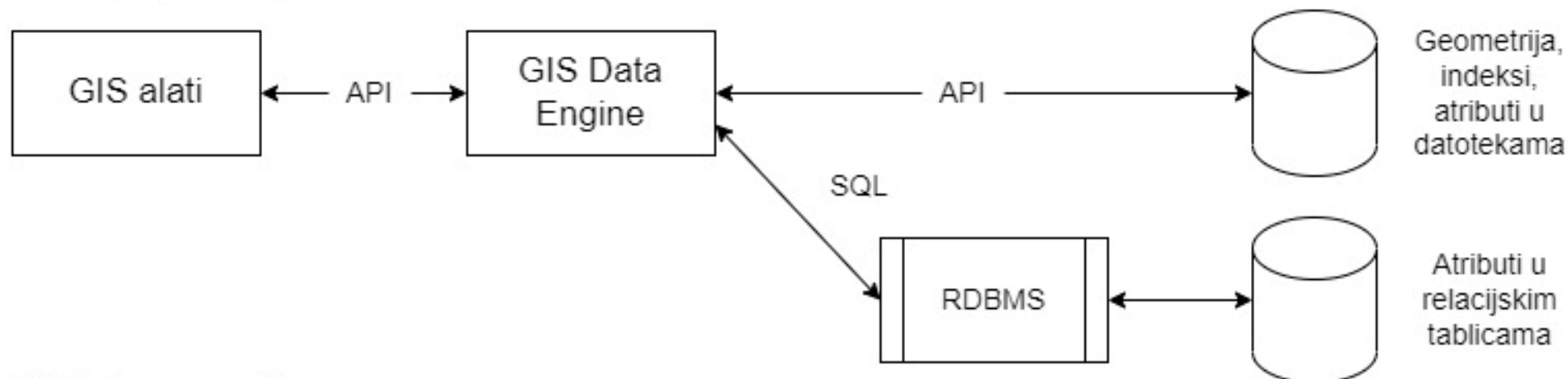


Evucija arhitekture GIS-a

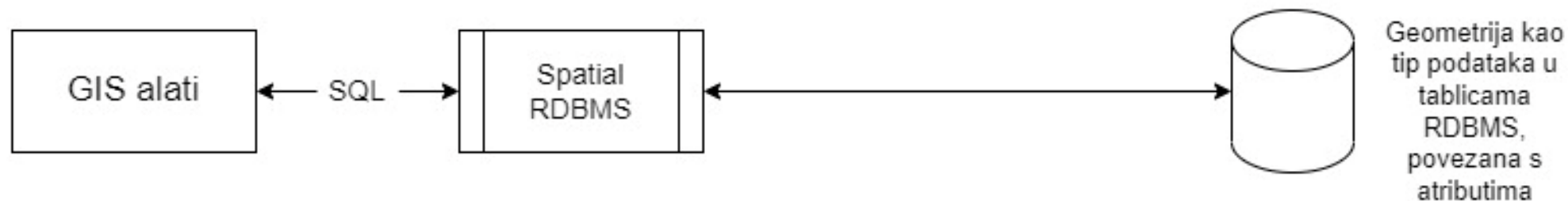
GIS prve generacije



GIS druge generacije




GIS treće generacije



PostGIS: geometrija ili geografija

- Geometrijske operacije nad prostornim podacima mogu dati pogrešne rezultate.
- Npr, ako su koordinate Pariza i Los Angelesa zadane kao točke:
 - Los Angeles: POINT(-118.4079 33.9434)
 - Paris: POINT(2.3490 48.8533)
- Standardna operacija računanja udaljenosti:

```
SELECT ST_Distance(  
  'SRID=4326;POINT(-118.4079 33.9434)'::geometry, -- Los Angeles (LAX)  
  'SRID=4326;POINT(2.5559 49.0083)'::geometry    -- Paris (CDG)  
);
```

... daje neobičan rezultat: 121.898285970107 --- stupnjeva?! 

PostGIS: geometrija ili geografija

- Treba koristiti tip *geografija*
- Tada operacija računanja udaljenosti:

```
SELECT ST_Distance(  
  'SRID=4326;POINT(-118.4079 33.9434)' ::geography, -- Los Angeles (LAX)  
  'SRID=4326;POINT(2.5559 49.0083)' ::geography    -- Paris (CDG)  
);
```

...daje ispravan rezultat: 9124665 metara, što je približno 9125 kilometara.

Trebaju li nam koordinate?

- Kartografi, geografi i geodeti razumiju koordinate i koordinatne sustave, u ravnini, u prostoru, na sferi, na rotacijskom elipsoidu, ...
- Za brojne druge struke i veliku većinu „običnih” ljudi cjelokupni matematički aparat za ispravnu obradu i prikaz geoprostornih informacija ne izgleda tako jednostavno.
- Hipoteza: postoje područja primjene u kojima za obradu i prikaz geoprostornih informacija možemo koristiti alternativne pristupe.

Primjer 1: Geohash

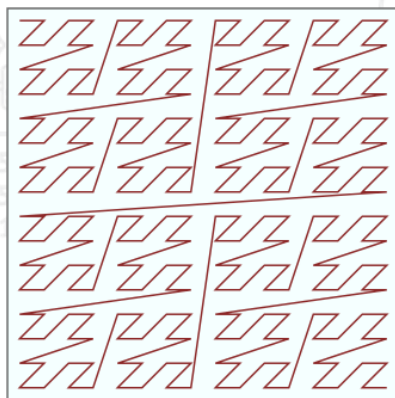
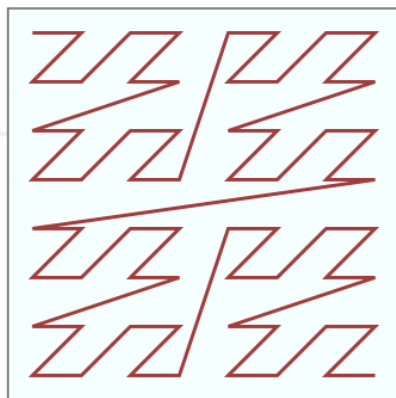
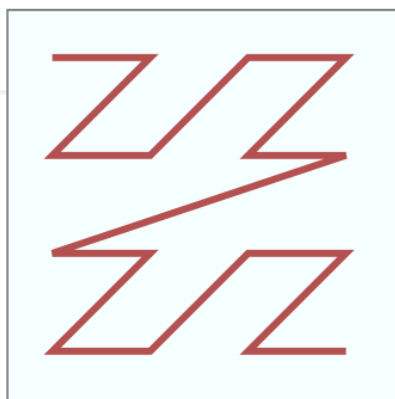
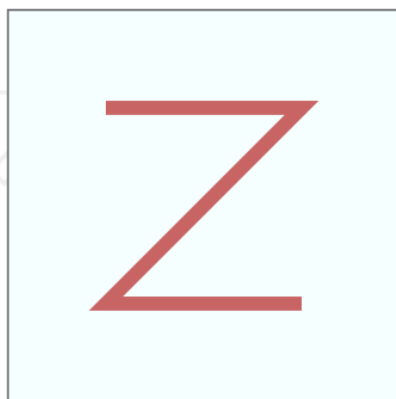
- **Geohash** je javni sustav za geokodiranje kojeg je 2008. godine izmislio Gustavo Niemeyer.
- Geohash prikazuje lokaciju na Zemlji kao kratki znakovni niz koji se sastoji od slova i znamenki. Geohash je organiziran hijerarhijski, koristeći Mortonovu krivulju popunjavanja prostora (Z – redoslijed).
- Geohash ulaza u zgradu Geodetskog fakulteta:

45.808638, 15.963861



u25ke70w8vjw

Z-krivulja popunjavanja prostora (lijevo) i Geohash podjela svijeta



Prednosti Geohash-a

Dimenzije elemenata:

1	≤	5,000km	×	5,000km
2	≤	1,250km	×	625km
3	≤	156km	×	156km
4	≤	39.1km	×	19.5km
5	≤	4.89km	×	4.89km
6	≤	1.22km	×	0.61km
7	≤	153m	×	153m
8	≤	38.2m	×	19.1m
9	≤	4.77m	×	4.77m
10	≤	1.19m	×	0.596m
11	≤	149mm	×	149mm
12	≤	37.2mm	×	18.6mm

- Hijerarhijska organizacija:
 - manje znakova = veća površina,
 - više znakova = manja površina
- Lokacije bliske u prostoru ostaju bliske i u modelu
- Pretraživanje u bazi podataka - linearno

Primjer 2: What3words?

- **What3words** je patentirani sustav za geokodiranje kojeg je 2013. godine pokrenula tvrtka What3words Inc. Iz Londona.
- What3words prikazuje svaku lokaciju na Zemlji u rezoluciji 3x3 metra uz pomoć jedinstvene kombinacije **tri riječi**.
- Uz engleski, sustav je implementiran u još 40 jezika.
- Prednost: jednostavnija komunikacija za hitne službe

What3words
ulaza u zgradu
Geodetskog
fakulteta:

45.808638, 15.963861



///album.lemons.respect

engl.

///möglich.streben.zoologie

njem.

möglich.streben.zoologie



Share



Navigate



Save

Sveučilište u Zagrebu
| Građevinski fakultet

Arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu

Geodetski fakultet

Kačićeva ul.
Kačićeva ul.
Kačićeva ul.
Kačićeva ul.



Zaključak

- Razvoj baza podataka u smjeru digitalne kartografije i geoinformacijskih sustava doveo je do brojnih inovacija u posljednjih 30 godina.
- Baze prostornih podataka sa sofisticiranim algoritimima za indeksiranje podataka otvaraju neslućene mogućnosti brze i kvalitetne obrade velikih količina podataka.
- Uz tradicionalne koordinatne sustave sve veću važnost imaju hijerarhijski sustavi organizacije prostornih podataka.



"If I have seen further,
it is by standing upon the
shoulders of giants".
Sir Isaac Newton