

Přednáška 4

PostGIS

Úvod do geodatabáze PostGIS

155UZPR Úvod do zpracování prostorových dat, zimní semestr 2023-2024

PostGIS



Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

[Open Simple Features for SQL](#)

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Martin Landa

martin.landa@fsv.cvut.cz

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Katedra geomatiky

<https://geo.fsv.cvut.cz/gwiki/155UZPR>



Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Copyright © 2009-2023 Martin Landa

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation Licence, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.



1 Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

2 Open Simple Features for SQL

Open Simple Features
for SQL

3 Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

4 Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

5 Prostorový index

Prostorový index



<https://www.postgis.net>

PostGIS

- Původně vyvíjen firmou **Refractions Research Inc.**
- Později jako komunitní open source projekt pod hlavičkou **OSGeo**
- Programovací jazyk C & **PL/pgSQL**, licence **GNU GPL**
- Rozšíření pro objektově-relační databázový systém **PostgreSQL** umožňující uložení a správu prostorových/geografických objektů
- Nástroje pro analýzu, zpracování a správu geografických dat

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features
for SQL

Geometrické objekty
Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory
MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



PostGIS rozšiřuje PostgreSQL

- 1 Vedle standardních datových typů jako je např. `integer`, `varchar` či `date` definuje **datový typ** „geometrie“ (`Geometry`) a další odvozené datové typy jako je např. „bod“ (`Point`), „lomená čára“ (`LineString`), „polygon“ (`Polygon`) a pod.
- 2 Implementuje **funkce** operující nad datovým typem „geometrie“, např. určení vzdálenosti, délka lomené čáry či výměra plochy.
- 3 Implementuje **indexování** geografických dat urychlující *prostorové dotazy*, např. „najdi všechny body uvnitř daného polygonu“.

Úvod

- Podpůrné knihovny
- Architektura
- Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

- Formy zápisu
- Konstruktory

Prostorové operátory

- MMO operátory
- Vzdálenostní operátory

Prostorový index

viz specifikace OGC Simple Features — přednáška



PostGIS rozšiřuje PostgreSQL

- 1 Vedle standardních datových typů jako je např. `integer`, `varchar` či `date` definuje **datový typ** „geometrie“ (`Geometry`) a další odvozené datové typy jako je např. „bod“ (`Point`), „lomená čára“ (`LineString`), „polygon“ (`Polygon`) a pod.
- 2 Implementuje **funkce** operující nad datovým typem „geometrie“, např. určení vzdálenosti, délka lomené čáry či výměra plochy.
- 3 Implementuje **indexování** geografických dat urychlující *prostorové dotazy*, např. „najdi všechny body uvnitř daného polygonu“.

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

viz specifikace OGC Simple Features — přednáška



PostGIS rozšiřuje PostgreSQL

- 1 Vedle standardních datových typů jako je např. `integer`, `varchar` či `date` definuje **datový typ** „geometrie“ (`Geometry`) a další odvozené datové typy jako je např. „bod“ (`Point`), „lomená čára“ (`LineString`), „polygon“ (`Polygon`) a pod.
- 2 Implementuje **funkce** operující nad datovým typem „geometrie“, např. určení vzdálenosti, délka lomené čáry či výměra plochy.
- 3 Implementuje **indexování** geografických dat urychlující *prostorové dotazy*, např. „najdi všechny body uvnitř daného polygonu“.

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty
Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

viz specifikace OGC Simple Features — přednáška



<https://proj.org>

PROJ

- Knihovna pro práci s kartografickými zobrazeními
- Transformace mezi různými souřadnicovými systémy
- Vznik na počátku 90-tých let Geraldem Evendenem pod záštitou **USGS**, posléze vývoj převzat Frankem Warmerdamem a **OSGeo**
- Programovací jazyk C (ve verzi 5 přepsáno do C++)
- Do verze 4.3 jako “public domain”, posléze pod **X/MIT** licencí
- Knihovna používána v softwarech jako je **GRASS GIS**, **MapServer**, **PostGIS** či **GDAL**, ale např. i **Esri ArcGIS**

Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index



GEOS Geometry
Engine
Open
Source

<https://libgeos.org>

Geometry Engine, Open Source

- C++ port knihovny [Java Topology Suite](#)
- Implementuje specifikaci [OpenGIS Simple Features](#)
- Knihovna používána v dalších projektech jako je knihovna [GDAL](#), geodatabáze [PostGIS](#) či desktopový [QGIS](#), [GRASS GIS](#)
- Funkce pro určení prostorových vztahů
 - `touches()`, `contains()`, `within()` atd.
- Funkce pro prostorové analýzy
 - `buffer()`, `convexHull()`, `union()`, `difference()`, atd.

Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

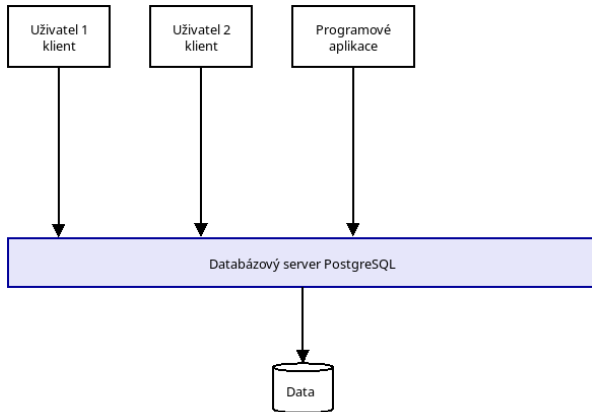
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features
for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

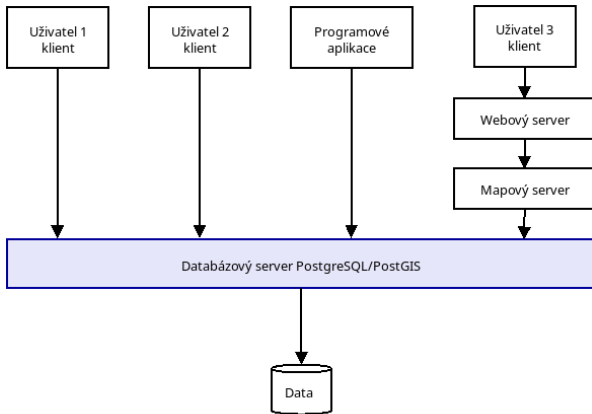
MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Architektura server-klient

PostGIS



Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features
for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Historie projektu PostGIS

- 2001 První stabilní verze (0.1), podpora pro MapServer (0.5)
- 2002 Prostorové indexování dat, podpora pro kartografická zobrazení (0.7)
- 2003 Podpora pro knihovnu **GEOS** (0.8)
- 2004 OpenGIS Simple Features, Lightweight geometry (0.9)
- 2005 Verze 1.0
- 2007 Podpora **SQL/MM**, křivky (1.2), prefix **ST_** (1.3)
- 2009 **Prepared geometry** (GEOS 3.1)
- 2010 Verze 1.5 (poslední verze řady 1.x)
- 2011 Začlenění nadstavby Raster a Topology do oficiální distribuce
- 2012 Verze 2.0, podpora pro rastrová a vektorová data v topologickém formátu
- 2018 Verze 2.5 (poslední verze řady 2.x)
- 2019 Verze 3.0

<http://www.refractions.net/products/postgis/history/>

<https://trac.osgeo.org/postgis/wiki/UsersWikiPostgreSQLPostGIS>



Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features
for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Podpora PostGIS v ostatních softwarech



- MapServer, <https://mapserver.org>
- GeoTools
 - GeoServer, <https://geoserver.org>
 - UDig, <http://udig.refractory.net>
- FDO
 - MapGuide, <https://mapguide.osgeo.org>
 - Autodesk Map 3D, <https://www.autodesk.com>
- JUMP
 - OpenJUMP, <http://openjump.org>
- GDAL, <https://gdal.org>
 - QGIS, <https://qgis.org>
 - GRASS GIS, <https://grass.osgeo.org>
- FME
 - ArcGIS Data Interoperability Extension,
<https://www.esri.com/datainteroperability>
 - zigGIS, <https://code.google.com/p/ziggis/>
- ESRI ArcGIS 9.3+/Pro,
<https://www.esri.com/software/arcgis>
- ...

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features
for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Obsah přednášky

PostGIS



1 Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

2 Open Simple Features for SQL

3 Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

4 Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

5 Prostorový index



„OGC Simple Features for SQL“ definuje

- 1 Typy geoprvků
- 2 Funkce pro analýzu a manipulaci s geoprvky
- 3 Metadatové tabulky
 - 1 `SPATIAL_REF_SYS`
 - 2 `GEOMETRY_COLUMNS`

Tabulka `SPATIAL_REF_SYS`

- `srid` – jednoznačný identifikátor SRS (Spatial Reference System)
- `auth_name` – název organizace (např. "EPSG")
- `auth_srid` – identifikátor v rámci uvedené organizace (např. kód EPSG)
- `srs text` – definice SRS ve formě Well-Known Text (viz OGC Coordinate Transformation Services Implementation Specification)
- `proj4text` – definice SRS v zápisu pro knihovnu PROJ.4

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



„OGC Simple Features for SQL“ definuje

- 1 Typy geoprvků
- 2 Funkce pro analýzu a manipulaci s geoprvký
- 3 Metadatové tabulky
 - 1 `SPATIAL_REF_SYS`
 - 2 `GEOMETRY_COLUMNS`

Tabulka `SPATIAL_REF_SYS`

- `srid` – jednoznačný identifikátor SRS (Spatial Reference System)
- `auth_name` – název organizace (např. “EPSG”)
- `auth_srid` – identifikátor v rámci uvedené organizace (např. kód EPSG)
- `srtext` – definice SRS ve formě Well-Known Text (viz [OGC Coordinate Transformation Services Implementation Specification](#))
- `proj4text` – definice SRS v zápisu pro knihovnu PROJ.4

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Definice:

Column	Type	Modifiers
srid	integer	not null
auth_name	character varying(256)	
auth_srid	integer	
srttext	character varying(2048)	
proj4text	character varying(2048)	

Příklad: (EPSG 4326)

```
1 srid | 4326
2 auth_name | EPSG
3 auth_srid | 4326
4 srttext | GEOGCS["WGS 84",DATUM["WGS_1984",
5 SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,
6 AUTHORITY["EPSG","7030"]],TOWGS84[0,0,0,0,0,0],
7 AUTHORITY["EPSG","6326"]],PRIMEM["Greenwich",0,
8 AUTHORITY["EPSG","8901"]],
9 UNIT["degree",0.01745329251994328,
10 AUTHORITY["EPSG","9122"]],AUTHORITY["EPSG","4326"]]
11 proj4text | +proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs
```

Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index



„OGC Simple Features for SQL“ definuje

- 1 Typy geoprostorových objektů
- 2 Funkce pro manipulaci s objekty
- 3 Metadatové tabulky
 - 1 SPATIAL_REF_SYS
 - 2 GEOMETRY_COLUMNS

Tabulka GEOMETRY_COLUMNS

- `f_table_catalog`, `f_table_schema`, `f_table_name` – název katalogu (název databáze, pojem převzat z Oracle), databázového schématu a tabulky
- `f_geometry_column` – název sloupce s geometrií
- `coord_dimension` – dimenze souřadnic (2D, 3D, 4D)
- `srid` – identifikátor SRS pro danou tabulku (cizí klíč tabulky SPATIAL_REF_SYS)
- `type` – typ geopravku (bod, lomená čára, polygon, ...)

Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index



„OGC Simple Features for SQL“ definuje

- 1 Typy geoprostorových objektů
- 2 Funkce pro manipulaci s objekty
- 3 Metadatové tabulky
 - 1 SPATIAL_REF_SYS
 - 2 GEOMETRY_COLUMNS

Tabulka GEOMETRY_COLUMNS

- `f_table_catalog`, `f_table_schema`, `f_table_name` – název katalogu (název databáze, pojem převzat z Oracle), databázového schématu a tabulky
- `f_geometry_column` – název sloupce s geometrií
- `coord_dimension` – dimenze souřadnic (2D, 3D, 4D)
- `srid` – identifikátor SRS pro danou tabulku (cizí klíč tabulky SPATIAL_REF_SYS)
- `type` – typ geoprvku (bod, lomená čára, polygon, ...)

Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Definice:

Column	Type	Modifiers
f_table_catalog	character varying(256)	not null
f_table_schema	character varying(256)	not null
f_table_name	character varying(256)	not null
f_geometry_column	character varying(256)	not null
coord_dimension	integer	not null
srid	integer	not null
type	character varying(30)	not null

Příklad:

```
1 f_table_catalog | pgis_student
2 f_table_schema | ruian
3 f_table_name   | obce
4 f_geometry_column | geom
5 coord_dimension | 2
6 srid           | 5514
7 type           | MULTIPOLYGON
```

Poznámka: Od verze PostGIS 2.0 je definován GEOMETRY_COLUMNS jako pohled

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Obsah přednášky

1 Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

2 Open Simple Features for SQL

3 Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

4 Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

5 Prostorový index

PostGIS



Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



OGC Simple Features

- Od verze 0.9 PostGIS podporuje všechny prvky a objekty definované specifikací **OpenGIS Simple Features for SQL**
 - POINT, MULTIPOINT
 - LINE, MULTILINE
 - POLYGON, MULTIPOLYGON
 - GEOMETRYCOLLECTIONS
- PostGIS umožňuje uložení 3D/4D geoprvků
 - 3DZ (výška), 3DM (měření)
 - 4D (ZM)

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Rozšíření



OGC Simple Features

- Od verze 0.9 PostGIS podporuje všechny prvky a objekty definované specifikací **OpenGIS Simple Features for SQL**
 - POINT, MULTIPOINT
 - LINE, MULTILINE
 - POLYGON, MULTIPOLYGON
 - GEOMETRYCOLLECTIONS
- PostGIS umožňuje uložení 3D/4D geoprvků
 - 3DZ (výška), 3DM (měření)
 - 4D (ZM)

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Rozšíření



OGC Simple Features

- Od verze 0.9 PostGIS podporuje všechny prvky a objekty definované specifikací **OpenGIS Simple Features for SQL**
 - POINT, MULTIPOINT
 - LINE, MULTILINE
 - POLYGON, MULTIPOLYGON
 - GEOMETRYCOLLECTIONS
- PostGIS umožňuje uložení 3D/4D geoprvků
 - 3DZ (výška), 3DM (měření)
 - 4D (ZM)

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Rozšíření

- 1 **SQL-MM** (interpolované křivky)
 - CIRCULARSTRING
 - COMPOUNDCURVE
 - CURVEPOLYGON
 - MULTICURVE, MULTISURFACE



Definice

- Typu objektu (bod, lomená čára, ...)
- Souřadnice lomových bodů objektu

Rozhraní

- 1 OGC Well-Known Text (WKT)
- 2 OGC Well-Known Binary (WKB)

Konstruktory:

- Geometrie
 - `ST_GeomFromWKB(bytea, SRID) → geometrie`
 - `ST_GeomFromText(text, SRID) → geometrie`
- WKT/WKB
 - `ST_AsBinary(geometrie) → WKB`
 - `ST_AsText(geometrie) → WKT`

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Definice

- Typu objektu (bod, lomená čára, ...)
- Souřadnice lomových bodů objektu

Rozhraní

- 1 OGC Well-Known Text (WKT)
- 2 OGC Well-Known Binary (WKB)

Konstruktory:

- Geometrie
 - `ST_GeomFromWKB(bytea, SRID) → geometrie`
 - `ST_GeomFromText(text, SRID) → geometrie`
- WKT/WKB
 - `ST_AsBinary(geometrie) → WKB`
 - `ST_AsText(geometrie) → WKT`

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Definice

- Rozšíření pro 3D/4D objekty (3DZ, 3DM, 4D)
- Vestavěná informace o referenčním souřadnicovém systému

Rozhraní

- 1 Extended Well-Known Text (EWKT)
- 2 Extended Well-Known Binary (EWKB)

Konstruktory:

- Geometrie
 - ST_GeomFromEWKB(bytea) → geometrie
 - ST_GeomFromEWKT(text) → geometrie
- EWKT/EWKB
 - ST_AsEWKB(geometry) → EWKB
 - ST_AsEWKT(geometry) → EWKT

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Definice

- Rozšíření pro 3D/4D objekty (3DZ, 3DM, 4D)
- Vestavěná informace o referenčním souřadnicovém systému

Rozhraní

- 1 Extended Well-Known Text (EWKT)
- 2 Extended Well-Known Binary (EWKB)

Konstruktory:

- Geometrie
 - ST_GeomFromEWKB(bytea) → geometrie
 - ST_GeomFromEWKT(text) → geometrie
- EWKT/EWKB
 - ST_AsEWKB(geometry) → EWKB
 - ST_AsEWKT(geometry) → EWKT

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



- `ST_GeomFromWKB (bytea, SRID)`
- `ST_GeomFromText (text, SRID)`
- `ST_MakePoint ()`
- `ST_MakeLine ()`
- `ST_MakePolygon ()`
- `ST_MakeBox2D ()`
- `ST_MakeBox3D ()`
- `ST_LineFromMultiPoint ()`
- `ST_Polygon ()`
- `ST_Boundary ()`
- `ST_BuildArea ()`
- ...

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

https://postgis.net/docs/manual-dev/reference.html#Geometry_Constructors



- 1 Bod bez udání souřadnicového systému (různé způsoby, stejný výsledek)

```
SELECT ST_GeomFromText('POINT(-686651 -1058147)');
SELECT 'POINT(-686651 -1058147)::geometry;
SELECT ST_Point(-686651, -1058147);
```

- 2 Bod v systému S-JTSK EPSG:5514 (různé způsoby, stejný výsledek)

```
SELECT ST_GeomFromText('POINT(-686651 -1058147)',
                        5514);
SELECT ST_GeomFromEWKT('SRID=5514;
                        POINT(-686651 -1058147)');
SELECT 'SRID=5514;POINT(-686651 -1058147)::geometry;
SELECT ST_SetSRID(ST_Point(-686651, -1058147),
                  5514);
```

- 3 Vytvoření lomené čáry z bodových dat (GPS waypoints)

```
SELECT ST_MakeLine(gps_points.geom) FROM
  (SELECT geom FROM waypoints ORDER BY name)
AS gps_points;
```

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Obsah přednášky

1 Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

2 Open Simple Features for SQL

3 Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

4 Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

5 Prostorový index

PostGIS



Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



A, B ... minimální ohraničující obdélník prvků

$A \& < B$ A překrývá nebo leží vlevo od B

$A \& > B$ A překrývá nebo leží vpravo od B

$A \ll B$ A leží vlevo od B

$A \gg B$ A leží vpravo od B

$A \& < | B$ A překrývá nebo leží pod B

$A | \& > B$ A překrývá nebo leží nad B

$A \ll | B$ A leží pod B

$A | \gg B$ A leží nad B

$A = B$ A je totožné s B

$A @ B$ A leží uvnitř B

$A \sim B$ A obsahuje B

$A \&\& B$ A a B se překrývají

$A \sim = B$ A jsou totožné B (geometricky)

Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features
for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

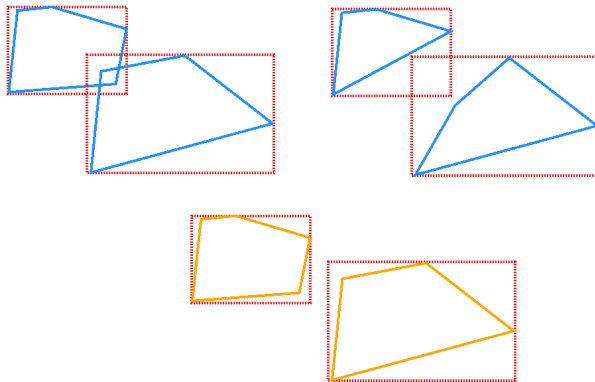
MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

Prostorové BBox (MOO) operátory

PostGIS



Prostorový operátor &&

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index



$A < - > B$ 2D vzdálenost mezi geoprvky A a B

$A | = | B$ nejkratší vzdálenost trajektorie geoprvků
A a B

$A < = > B$ 2D vzdálenost mezi MMO geoprvků A a B

$A < < - > > B$ nD vzdálenost mezi centroidy MMO geoprvků
A a B

$A < < \# > > B$ nD vzdálenost mezi MMO geoprvků A a B

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index

<https://postgis.net/docs/manual-dev/reference.html#operators-distance>

Obsah přednášky

1 Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

2 Open Simple Features for SQL

3 Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

4 Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

5 Prostorový index

PostGIS



Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



PostgreSQL podporuje

- **B-Tree** – indexování dat podle jedné osy
→ nepoužitelné pro prostorová data
- **R-Tree** – vhodné pro indexování multidimenzionálních dat, jednotkou *minimální ohraničující obdélník*
- **GiST** (Generalized Search Tree)

PostGIS

- PostGIS od verze 0.6 používá GiST (schéma "R-tree-over-GiST")
- Postupem času byly implementovány další techniky:
 - BRIN
 - SP-GiST
 - Tuning

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



PostgreSQL podporuje

- **B-Tree** – indexování dat podle jedné osy
→ nepoužitelné pro prostorová data
- **R-Tree** – vhodné pro indexování multidimenzionálních dat, jednotkou *minimální ohraničující obdélník*
- **GiST** (Generalized Search Tree)

PostGIS

- PostGIS od verze 0.6 používá **GiST** (schéma “R-tree-over-GiST”)
- Postupem času byly implementovány další techniky:
 - **BRIN**
 - **SP-GiST**
 - **Tuning**

Úvod

Podpůrné knihovny

Architektura

Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu

Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory

Vzdálenostní operátory

Prostorový index



```
CREATE INDEX ON <tabulka> USING GIST (<geometrie>);
```

- Prostorový index je použit pro porovnání minimálních ohraničujících obdélníků (MMO) geometrické složky popisu geoprvků

→ Prostorový dotaz je rozdělen na dva kroky:

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



```
CREATE INDEX ON <tabulka> USING GIST (<geometrie>);
```

- Prostorový index je použit pro porovnání minimálních ohraničujících obdélníků (MMO) geometrické složky popisu geoprvků
- Prostorový dotaz je rozdělen na **dva kroky**:
- 1 V prvním kroku jsou vyhledány geoprvky na základě jejich MMO – viz operátor překrytí “&&”
Poznámka: Prostorové predikáty jako např. `ST_Intersects()` tento krok aplikují automaticky, narozdíl od `_ST_Intersects()` či `_ST_Contains()`, které prostorový index nepoužívají
 - 2 V dalším kroku se provede přesnější dotazování pouze na podmnožině geoprvků vybraných v prvním kroku

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

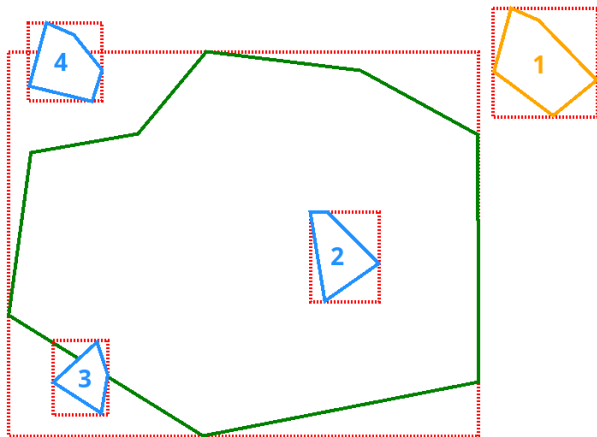
Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Intersects (krok 1)

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

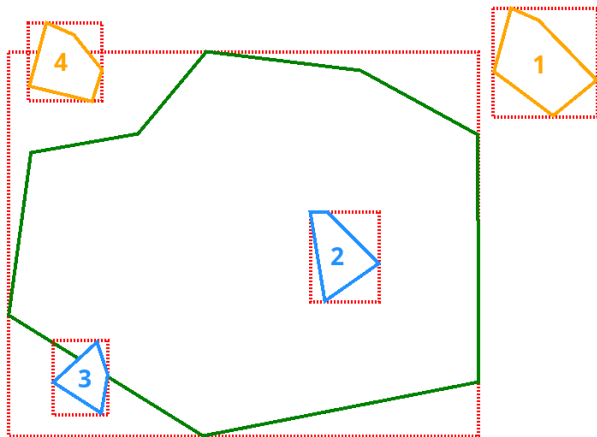
Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index



Intersects (krok 2)

Úvod

- Podpůrné knihovny
- Architektura
- Historie, podpora

Open Simple Features for SQL

Geometrické objekty

- Formy zápisu
- Konstruktory

Prostorové operátory

- MMO operátory
- Vzdálenostní operátory

Prostorový index



```
SELECT count(DISTINCT obce.kod)
FROM ruian.obce AS obce
JOIN osm.zeleznice AS zelez
ON ST_Intersects(zelez.geom, obce.geom);
```

1 S využitím prostorového indexu (ST_Intersects)

```
1 Aggregate (cost=6672.33..6672.34 rows=1 width=8) (actual time=3395.708..3395.708 ...
2   -> Nested Loop (cost=0.15..6626.23 rows=18441 width=4) (actual time=2.930..
3     -> Seq Scan on obcepolygony obce (cost=0.00..3554.58 rows=6258 ...
4     -> Index Scan using zeleznice_geom_geom_idx on zeleznice zelez ...
5         Index Cond: (geom && obce.geom)
6         Filter: _st_intersects(geom, obce.geom)
7         Rows Removed by Filter: 1
```

→ **3423.501 ms (00:03.424)**

2 Bez využití prostorového indexu (_ST_Intersects)

```
1 Aggregate (cost=3454235.85..3454235.86 rows=1 width=8) ...
2   -> Gather (cost=1000.00..3435852.98 rows=7353149 width=4) ...
3     Workers Planned: 2
4     Workers Launched: 2
5     -> Nested Loop (cost=0.00..2699538.08 rows=3063812 width=4) ...
6         Join Filter: _st_intersects(zelez.geom, obce.geom)
7         Rows Removed by Join Filter: 7351060
8         -> Parallel Seq Scan on obcepolygony obce ...
9         -> Seq Scan on zeleznice zelez ...
```

→ **331430.547 ms (05:31.431)**

Úvod

Podpůrné knihovny
Architektura
Historie, podpora

Open Simple Features
for SQL

Geometrické objekty

Formy zápisu
Konstruktory

Prostorové operátory

MMO operátory
Vzdálenostní operátory

Prostorový index