

GIS4SG

Základní stavební kameny prostorové analýzy podzim 2023

Lukáš Herman

herman.lu@mail.muni.cz

**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**



Prezentace

- **Téma Vaší bakalářské práce**
- Jakou prostorovou analýzu (případně mapu) jste do práce zařadili? Navrhněte možné rozšíření
- Jakou prostorovou analýzu nebo mapu by bylo možné do práce zařadit v rámci jejího rozšíření?
- Soustředte se především na problém, cíl analýzy nebo téma mapy.
- Budete se snažit v tématu pokračovat i v diplomce?



GIS-aktivity



Vysvětlit – nakreslit

- **Vysvětlete / nakreslete vylosovaný termín z geoinformatiky nebo kartografie**
- **Ostatní hádají...**



GIS-aktivity

- **Vidíte mezi pojmy nějaké souvislosti?**
- **Dají se pojmy nějak rozdělit (klasifikovat)?**



Modelování, model

- **Modelování = prostředek poznávacího procesu**
- **Model = zjednodušené zobrazení skutečnosti, části objektivní reality či jevu.**
- **Model zobrazuje pouze vybrané znaky předlohy, které nás zajímají v konkrétním případě zkoumání, od ostatních vlastností se upouští.**
- **Účel modelu – rozhoduje o zobrazovaných vlastnostech**
- **Různé typy modelů – mapa, databáze, datový model, GIS model.**



Datové modely v GIS (?)

OPAKOVÁNÍ:

- **Základní typy datových modelů**
- **Geometrická primitiva**
- **Topologie – principy a projevy v jednotlivých datových modelech.**
- **Výhody a nevýhody**



Role GIS v modelování

- Nástroj pro zpracování, zobrazení a integraci různých zdrojů dat – mapy, DMT, GPS, tabulky..
- Datové modelování – vektor, rastr, hybrid. Výhody použití pro specifické jevy (vektor pro dobře ohraničené jevy s jasným tvarem).
- Možnost převodu formátu vektor – rastr (RAVE, VERA), oba datové typy mohou vstupovat do modelů. Lze s úspěchem využít oba a převádět je mezi sebou.
- Možnost propojení GIS na statistické programy (Matlab).
- **Typy propojení** - **volné** (loose coupling - import - export), **pevné** (tight coupling – společný interface, SAGA GIS), **vložené** (embedded) systémy (Geostatistical analyst ArcGIS statistické funkce v GIS a naopak).



Datové modely a základní metody

- **Jak převést okolní realitu do počítače?**
- **Jaký model použít?**
- **Jak uložit data do počítače?**

Table 4-1 Geographic data models

Data model	Example application
Computer-aided design (CAD)	Automated engineering design and drafting
Graphical (non-topological)	Simple mapping
Image	Image processing and simple grid analysis
Raster/grid	Spatial analysis and modeling, especially in environmental and natural resource applications
Vector/Geo-relational topological	Many operations on vector geometric features in cartography, socio-economic and resource analysis, and modeling
Network	Network analysis in transportation, hydrology and utilities
Triangulated irregular network (TIN)	Surface/terrain visualization
Object	Many operations on all types of entities (raster/vector/TIN etc.) in all types of application



GEOMETRICKÉ, DOTAZOVACÍ A VZDÁLENOSTNÍ OPERACE

Základní operace

- Geometrické, dotazovací a vzdálenostní operace = *prostorové analýzy*
- Základní stavební komponenty většiny GIS SW (ArcGIS Pro, QGIS...)
- Definovány prostřednictvím *de facto* standardů
- OGC compliant (kompatibilní)



Analytické a modelovací metody – OGC Simple Feature specification

Table 4-2 OGC OpenGIS Simple Features Specification – Principal Methods

Method	Description
Spatial relations	
Equals	spatially equal to: $a=b$
Disjoint	spatially disjoint: equivalent to: $a \cap b = \emptyset$
Intersects	spatially intersects: is equivalent to [not a disjoint(b)]: $[a \cap b]$
Touches	spatially touches: equivalent to: $a \cap b = \emptyset$ and $I(a) \cap I(b) = \emptyset$ does not apply if a and b are points
Crosses	spatially crosses: equivalent to: $[\dim(I(a) \cap I(b)) < \max\{\dim(I(a)), \dim(I(b))\}]$ and $a \cap b \neq a$ and $a \cap b \neq b$
Within	spatially within: within(b) is equivalent to: $a \cap b = a$ and $a \cap b \neq b$
Contains	spatially contains: [a contains(b)] is equivalent to [b within(a)]
Overlaps	spatially overlaps: equivalent to: $[\dim(I(a) \cap I(b)) = \dim(I(a)) = \dim(I(b))]$ and $a \cap b \neq a$ and $a \cap b \neq b$
Relate	spatially relates, tested by checking for intersections between the interior, boundary and exterior of the two components



Spatial analysis	
Distance	the shortest distance between any two points in the two geometries as calculated in the spatial reference system of this geometry
Buffer	all points whose distance from this geometry is less than or equal to a specified distance value
Convex Hull	the convex hull of this geometry (see further, Section 4.2.13, Boundaries and zone membership)
Intersection	the point set intersection of the current geometry with another selected geometry
Union	the point set union of the current geometry with another selected geometry
Difference	the point set difference of the current geometry with another selected geometry
Symmetric difference	the point set symmetric difference of the current geometry with another selected geometry (logical XOR)



Geometrické operace

Operace pro vektorové prvky či skupiny buněk v rastrovém datovém modelu – řada prostorových vlastností – délka, ploch.

Představíme základní geometrické atributy, které lze využít. Jsou dvojího druhu:

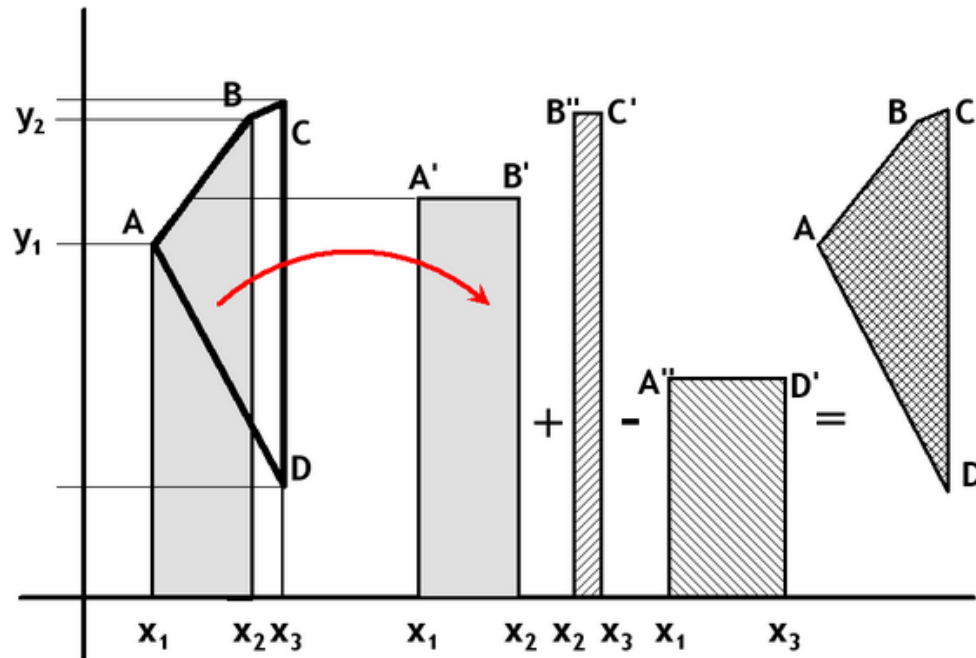
- **Vnitřní** – součást atributové tabulky pro všechny geometrické prvky.
- **Vnější** – je nutné vypočítat a doplnit pro všechny prvky (součást SW nebo výpočetní vzorec).
- Pokud je třeba provádět s geometrickými vlastnostmi nějaké další operace (seřadit podle plochy, plocha x obvod), je vhodné si **explicitně vytvořit vlastní pole**.



Délka a plocha - vektor

- Eukleidovský prostor (jaké jsou předpoklady?)
- Lichoběžníkové pravidlo: $A_1 = \frac{1}{2}(x_2 - x_1)(y_1 + y_2)$
- Pro 4 vrcholy A,B,C,D:

Figure 4-1 Area calculation using Simpson's rule



- Obecně:

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)(y_i + y_{i+1})$$



Délka a plocha - rastr

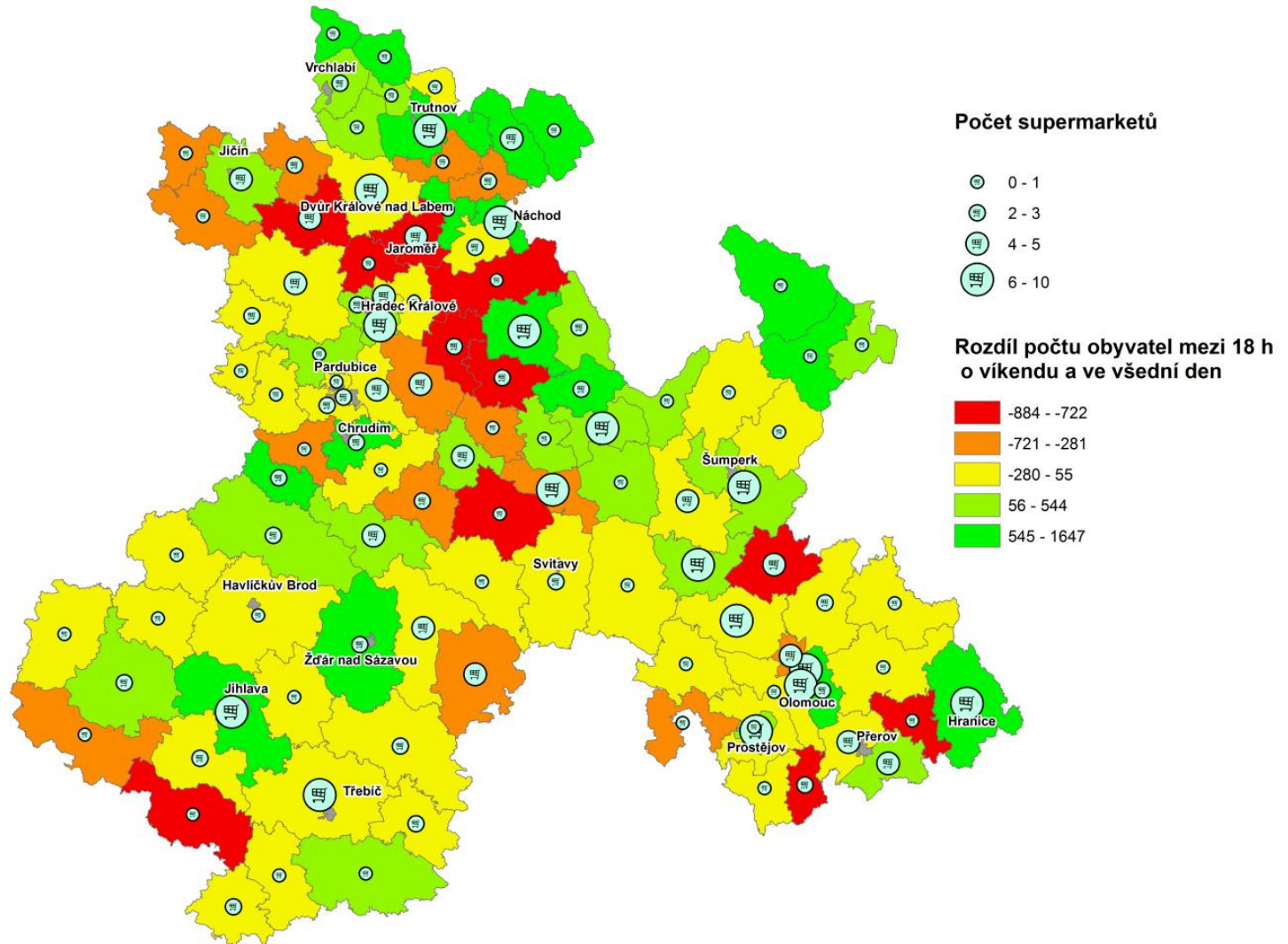
- **Dáno velikostí buňky a počtem řádků a sloupců.**
- **Plocha** = počet buněk; vymezení celistvé plochy (otvory, homogenity, celistvost hranic)
- **Vzdálenost** – dle typu povoleného pohybu – Manhattan, diagonální pohyb.

	■	
■	■	■
	■	

■		■
	■	
■		■

1.41	1	1.41
1	0	1
1.41	1	1.41

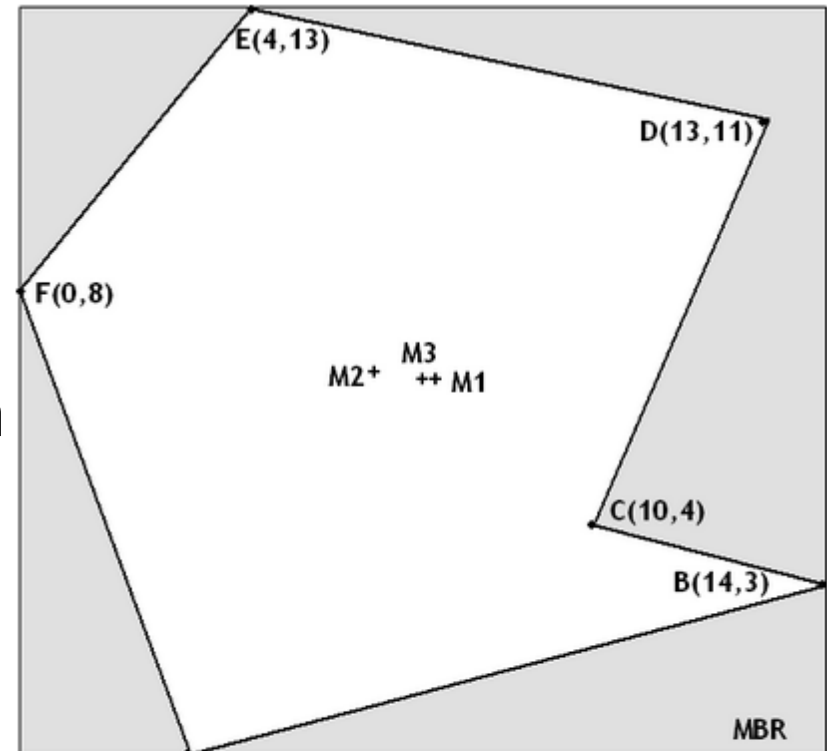
Jak jsou reprezentovány atributové složky plochy?





Středý a centroidy

- Odlišné podle SW, odlišné pro geometrii (bod, linie, plocha a jejich skupiny).
- Průměrný střed (M1), těžiště (gravitační střed) – centroid (M2), střed MBR (M3).
- MBR střed – rychlý, ale citlivý k odlehlým vrcholům (B(14,3)).
Linie – bod stejně vzdálený oběma hraničním bodům (počátku a konci)



A(3,0)

Mean centre: M1=(7.33,6.50)

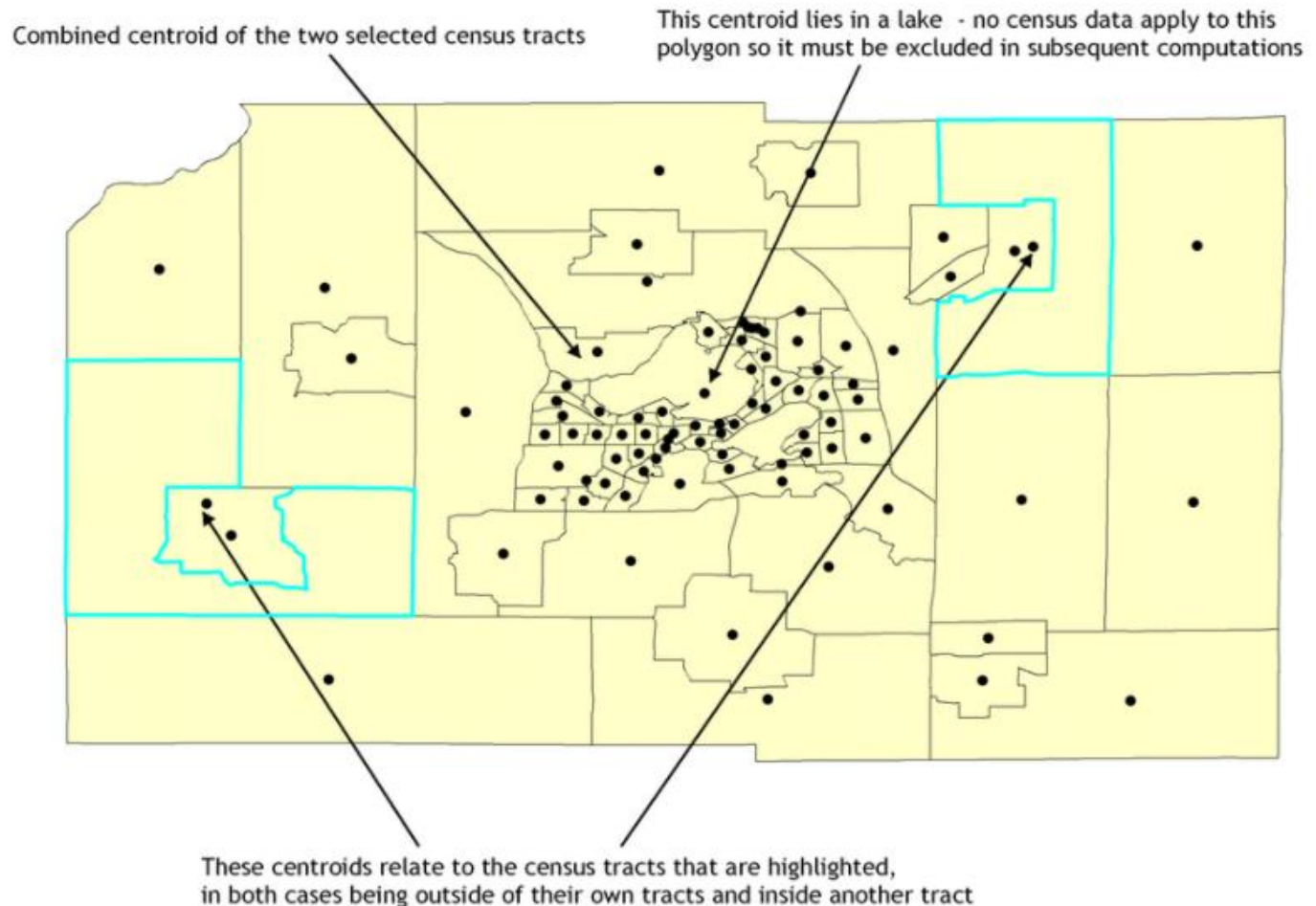
Centre of gravity: M2=(6.33,6.72)

MBR centre: M3=(7.00,6.50)



Potenciální problémy

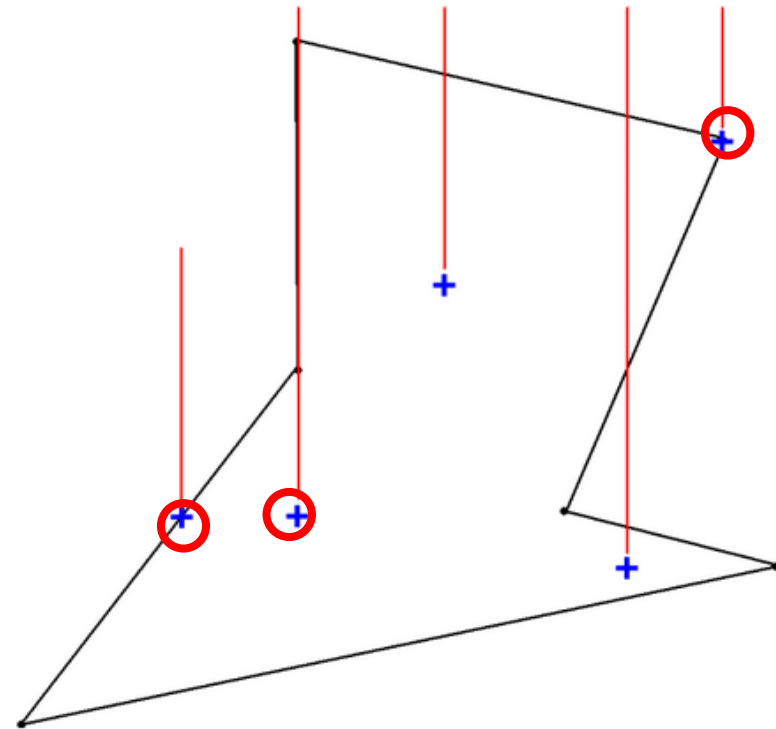
- **Komplexní tvar polygonů – centroidy mohou ležet mimo polygon.**
- **ArcGIS – Feature to points (INSIDE option on).**





Bod (linie, polygon) v polygonu

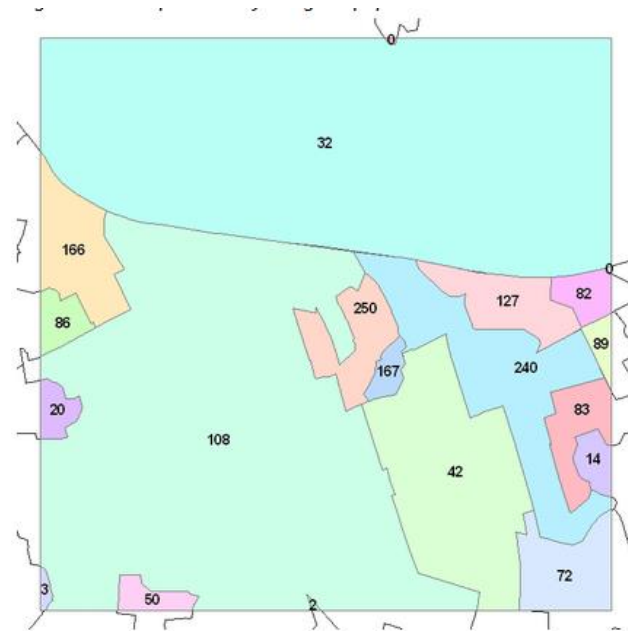
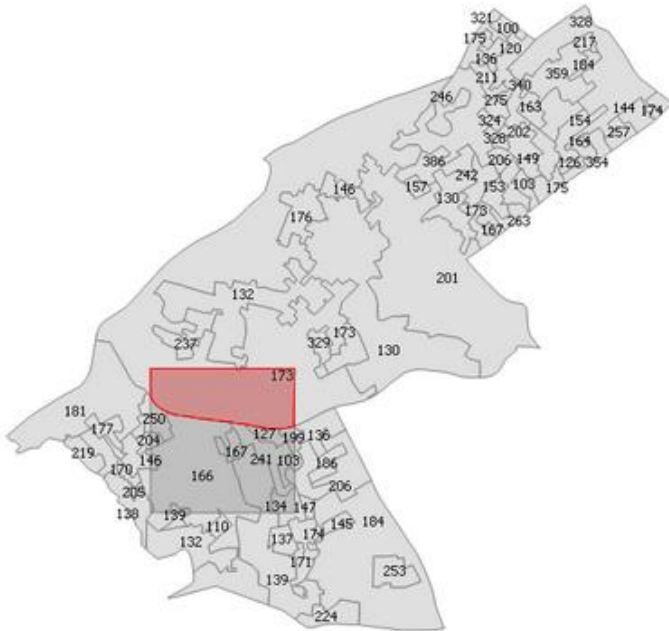
- Leží daná geometrie uvnitř polygonu (adresa v městské části)??
- Primární řešení - použití MBR.
- Standardní řešení - protažení linie vzhůru nebo kolmo doprava - pokud je počet průtnutí hranice polygonu lichý = bod leží uvnitř polygonu.
- Speciální případy - hranice, vertex, vertikální segment ○





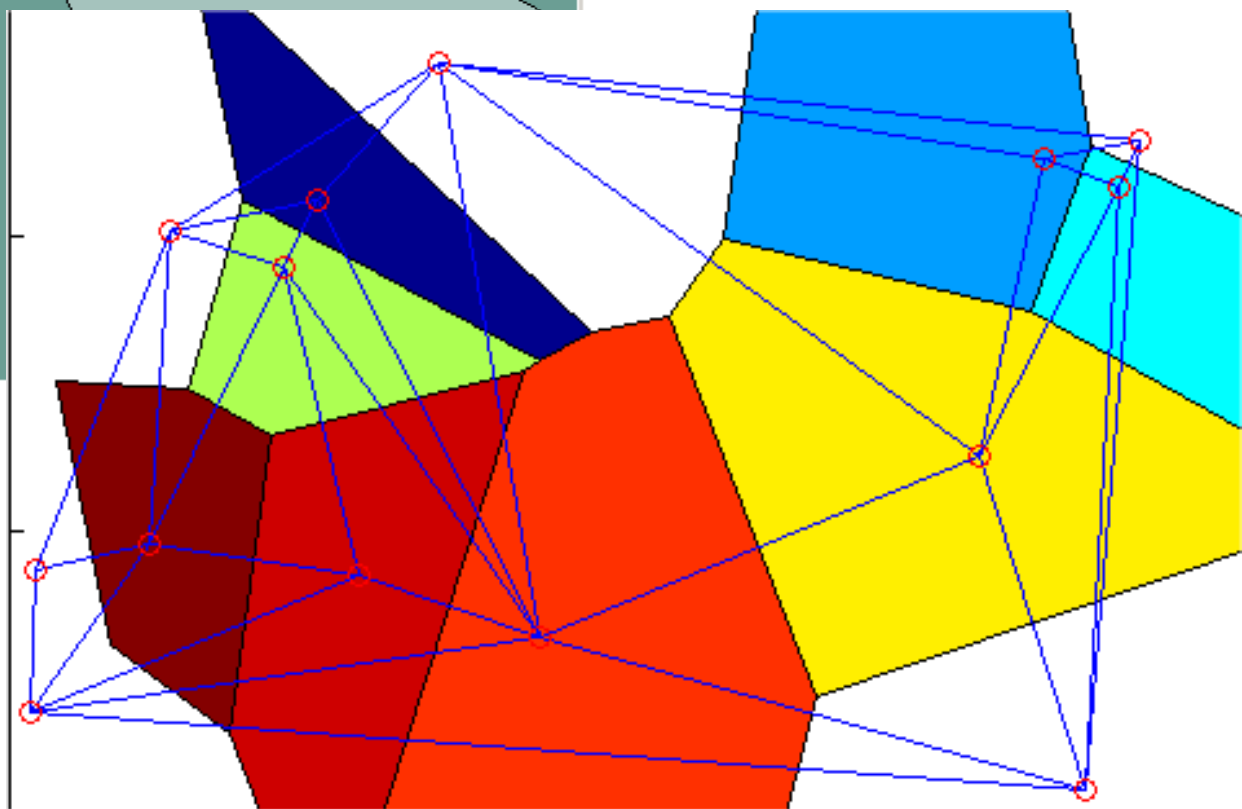
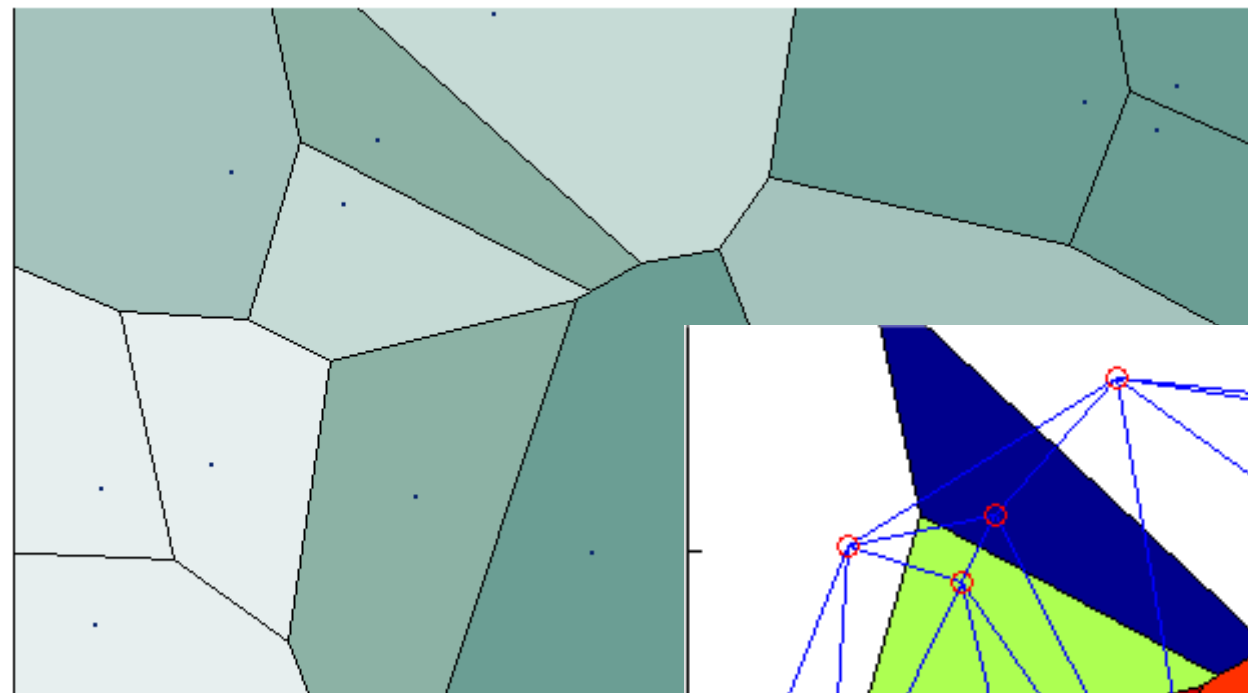
Interpolace polygonu

- Jak přiřadit atributy nově vzniklému polygonu?
- Obslužná zóna nemocnice vs. demografie.
- Overlay vs. Pyknofylaktické přiřazení.
- Uniformí vs. proměnlivé rozložení prostoru – jak řešit?





Dělení plochy - tesalace Voroného polygony





Tesalace v rastru a na síti

Figure 4-34 Voronoi cells for a homogeneous grid using a 3x3 distance transform

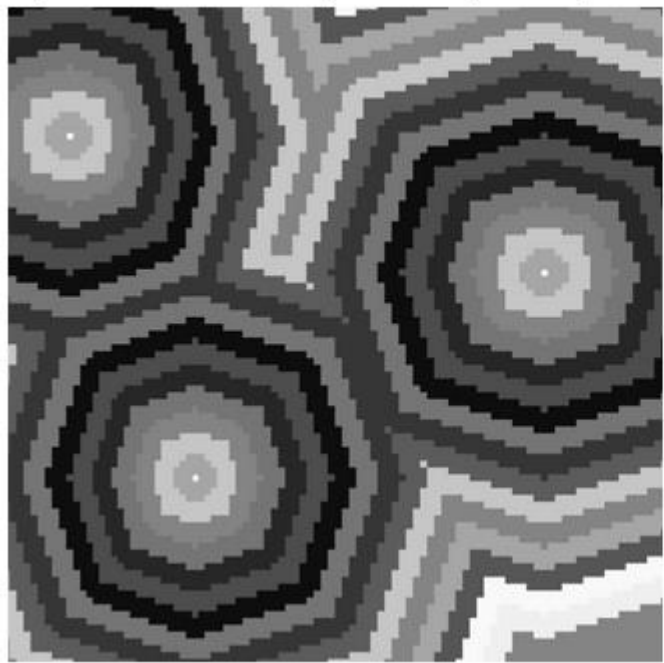


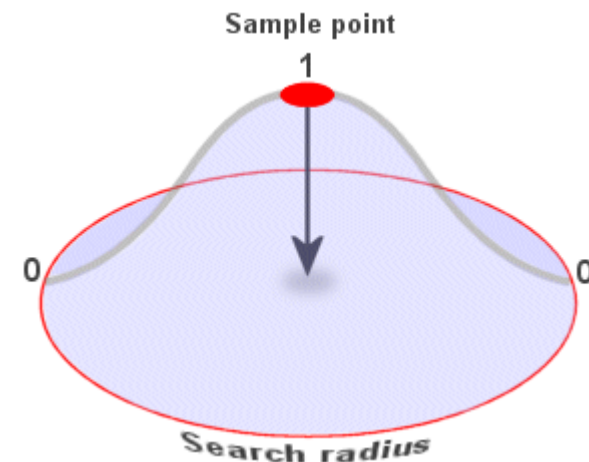
Figure 4-35 Network-based Voronoi regions – Shibuya district, Tokyo





Hustota a metody jádrového vyhlazení – kernel density

- metoda výpočtu hustoty povrchu - lze představit tak, že kolem každého bodu se vytvoří kruhové okolí podobné plynule zakřivenému povrchu.
- Ten má nejvyšší hodnotu 1 v místě bodu a klesá pomocí matematicky definované funkce směrem k okraji, kde nabývá hodnoty 0.
- Hodnota hustoty pro každou buňku je poté vypočtena posčítáním hodnot všech jádrových povrchů, které překrývají střed dané buňky.



Metoda jádrových odhadů

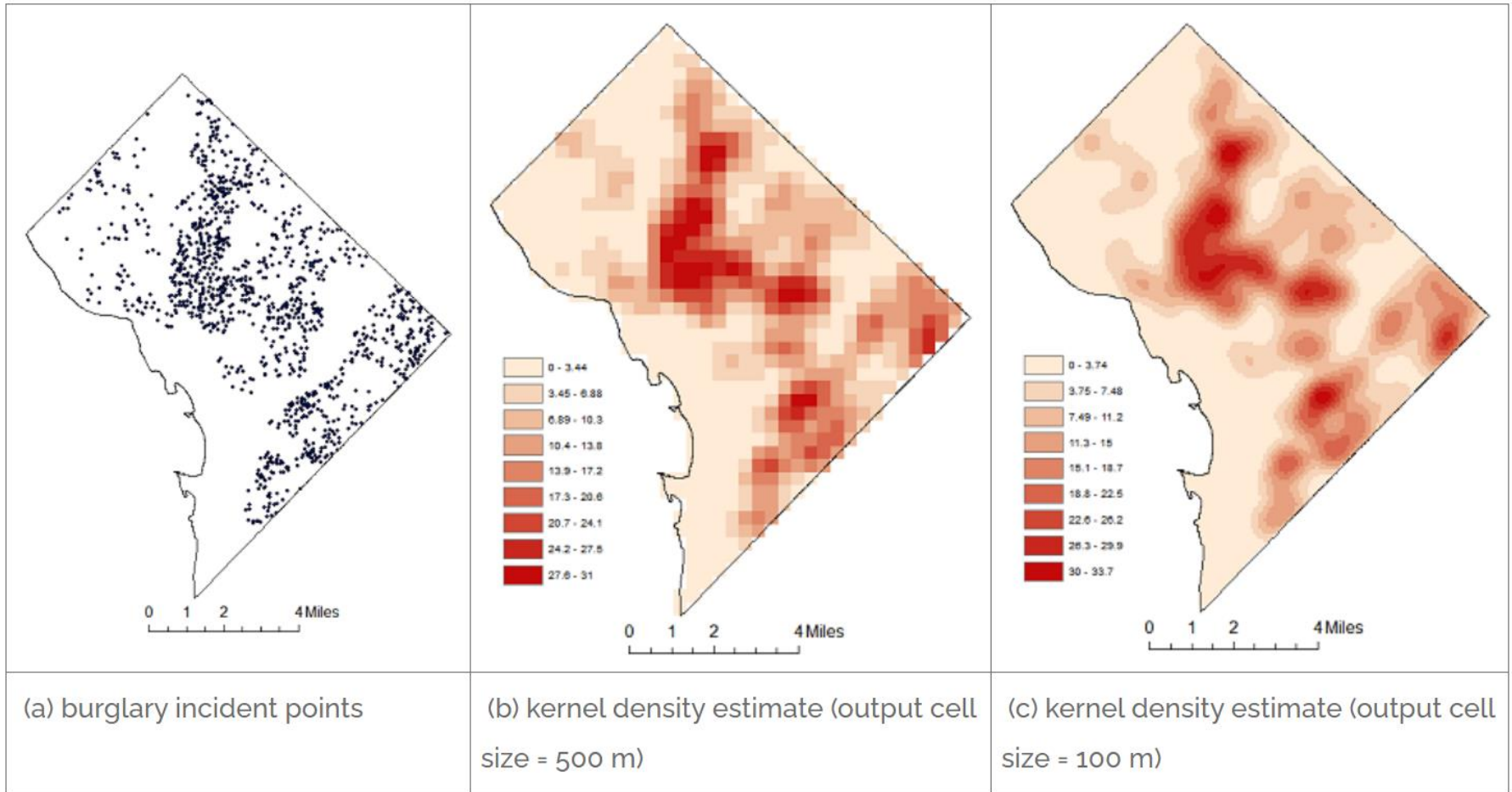
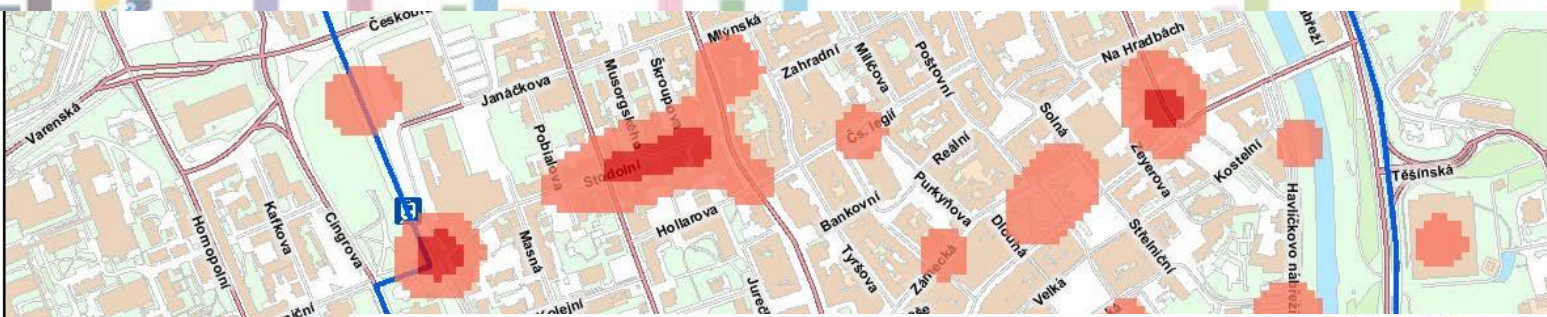


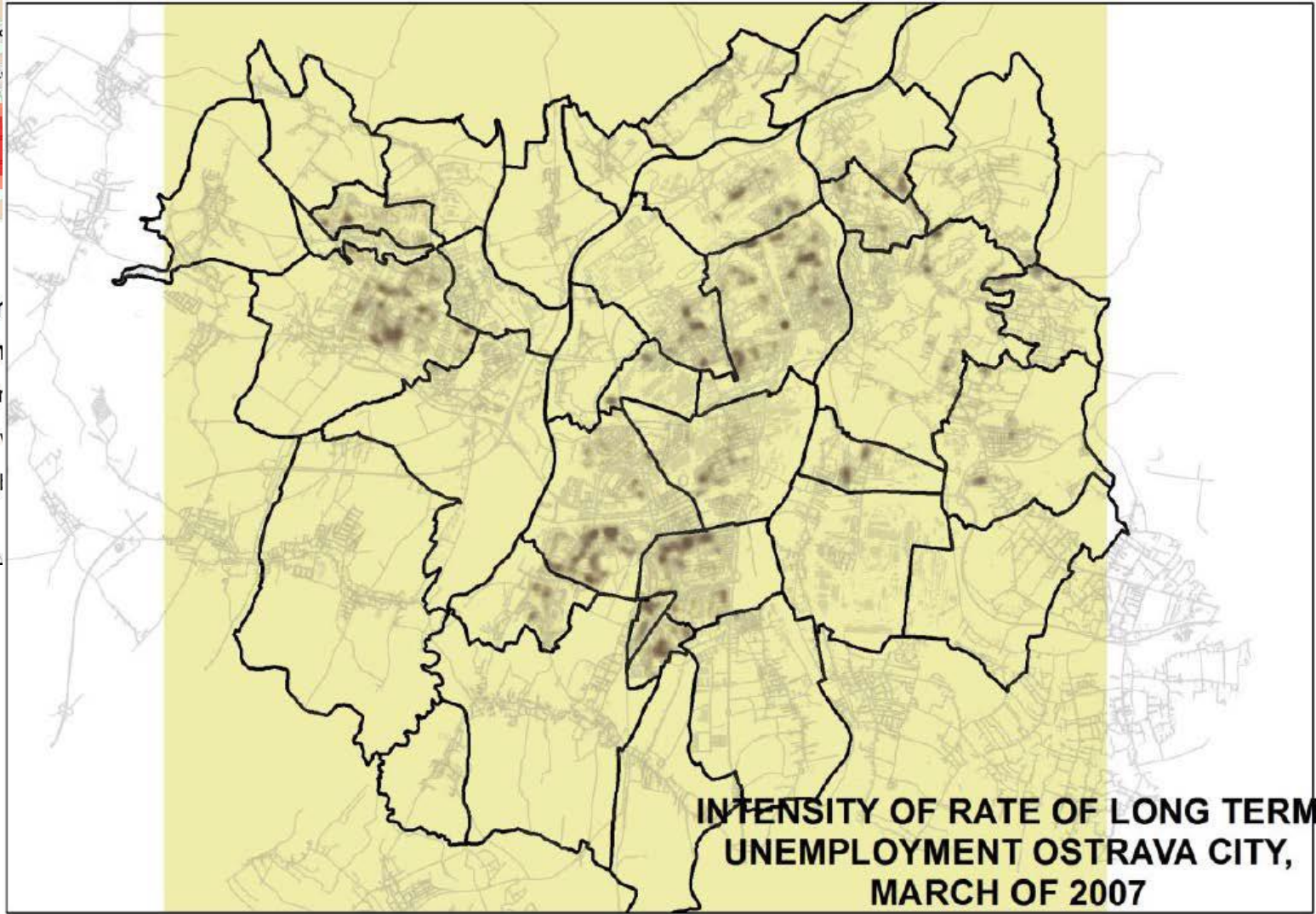
Figure 2a - 2c. Kernel density estimates of burglary incidents in Washington, D.C., 2018. Source: author.



Legenda

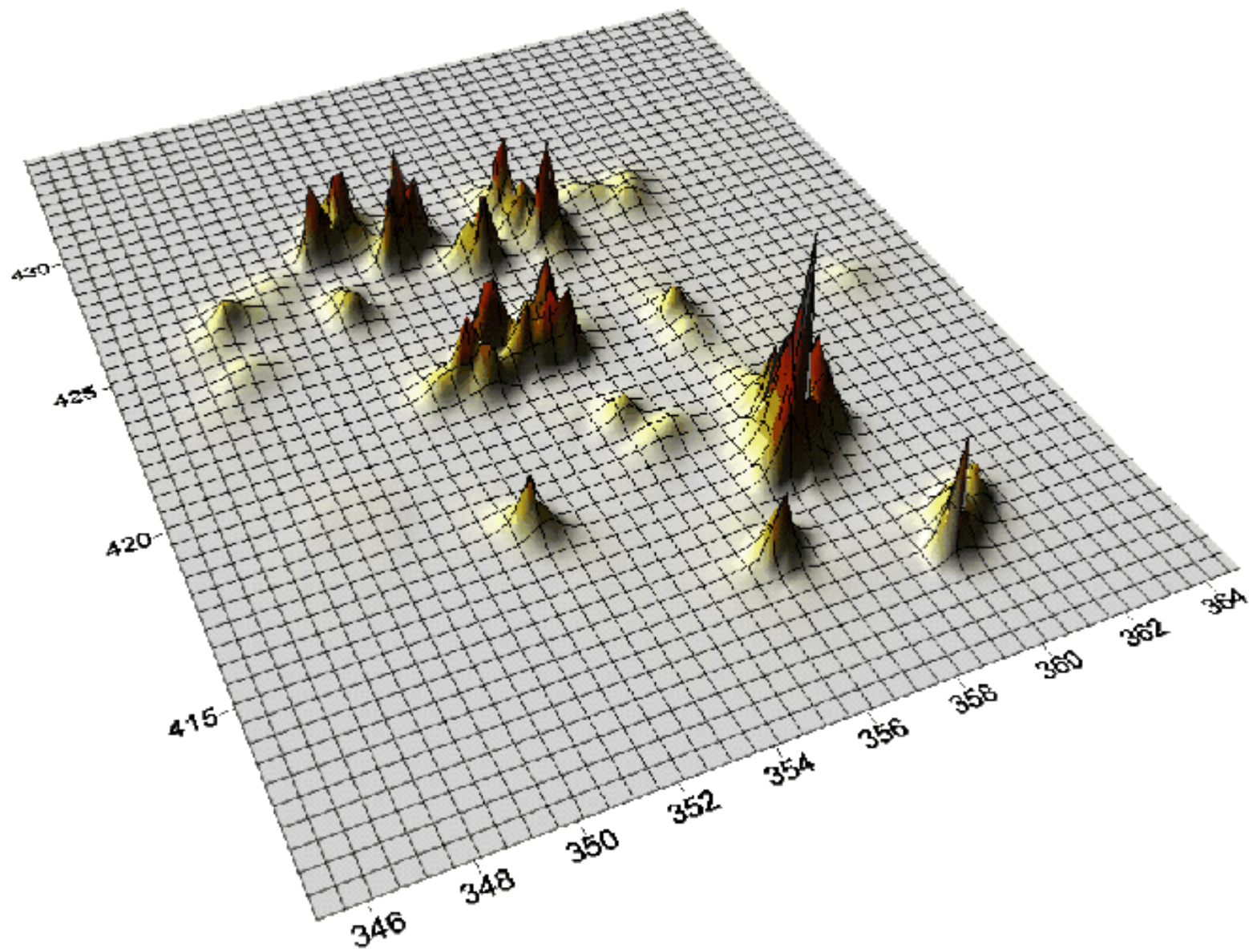
**Metóda: Kernel Density
bunka 10 m, vzdialen**

- Štatisticky význam
- Oblasť zvýšeného
- neutrálne územie (l
- výskumná oblasť



**INTENSITY OF RATE OF LONG TERM
UNEMPLOYMENT OSTRAVA CITY,
MARCH OF 2007**

Figure 4-46 Kernel density map, Lung Case data, 3D visualization





Předpoklady užití metody jádrových odhadů

- Není vhodná pro zobrazení rozsáhlých území.
- Vhodná pro mapy větších měřítek (obce či jejich části).
- Není doporučena pro větší územní celky (okres, kraj, ČR) → toto záleží na zobrazovaném jevu
- Neexistuje také žádná hranice pro minimální počet událostí v oblasti.
- Doporučujeme však brát v potaz počet bodů a plochu analyzované oblasti. Pokud je oblast menší, je možné pracovat i s menším počtem událostí.
- V případě malých počtů na větší ploše použití jádrového vyhlazení není doporučeno.



Metoda jádrových odhadů – shrnutí

- Hlavní metodou pro identifikaci anomálních lokalit, které bývají často nazývány jako **hot spots**, je metoda **jádrových odhadů** (kernel density estimation) či **jádrového vyhlazení**.
- **Jaká je hlavní nevýhoda??**
 - Základním nedostatkem je subjektivita v interpretaci výsledků.
 - Stejná podkladová data mohou být zobrazena značně rozdílně jen s využitím rozdílného nastavení metody a způsobu zobrazení.
 - *Použité parametry je vhodné uvést.*
 - Z tohoto důvodu je potřeba zvýraznit statisticky významné výsledky.



VOLNĚ DOSTUPNÍ GIS NÁSTROJE

GIS4SG



PROJ.4





WWW
Lefleat,
geoDjango,
Openlayers

**Mapové
servery**
Mapserver,
Geoserver

Data
OSM,
data.Brno

Databáze
PostgreSQL,
PostGIS,
Spatialite

**Skriptovací
jazyky**
Python

Knihovny
GDAL/OGR, PROJ.4

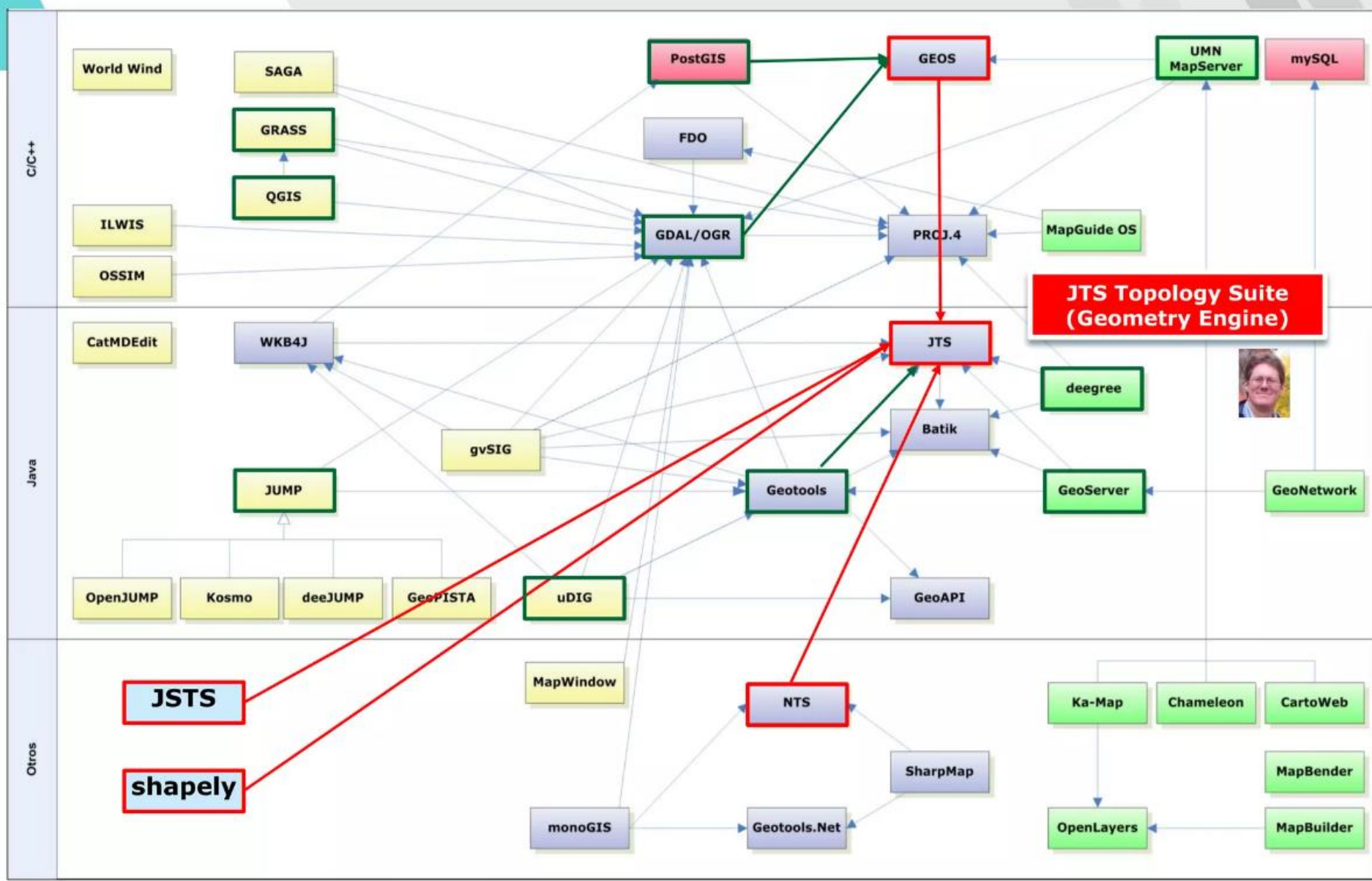
Desktop GIS (GUI)

Prohlížečky

Analytické aplikace

ETL

Utility
ogr2ogr



Producto Escritorio
Biblioteca
Base Datos
Servidor/ WebMapping

Source: http://www.osgeo.org/files/tyler/images/siglibre_foss_sig_relacion.html



GDAL a OGR

GDAL

- Rastrová data
- Asi 80 formátů
- C/C++

OGR

- Vektorová data
- Asi 30 formátů
- C/C++

<https://pcjericks.github.io/py-gdalogr-cookbook/>

https://training.gismentors.eu/geopython-zacatecnik/vektorova_data/ogr/index.html

<https://cs.wikipedia.org/wiki/GDAL>



ogr2ogr

- Převody formátu
- Prostorové/atributové dotazy
- Nastavení souřadnicových systémů
- Reprojekce

```
ogr2ogr -s_srs "epsg:4326" -t_srs  
krovakEsriModified_<CR|SR>.prj -f  
"ESRI Shapefile" krovak.shp wgs84.shp
```

- <https://www.qgis.org/en/site/>
- Dříve (do verze 2.0) pojmenován Quantum GIS
- Licence: GNU GPL
- Jazyk: C++, Qt, plug-iny lze vytvářet v Pythonu
- Vektor i rastr, geodatabáze
- Široké analytické možnosti
 - Integruje moduly z jiných GIS prostředí
 - Řada plug-inů





LGC

QGIS

Residus_GRN - QGIS

Projecto Edición Ver Capa Configuración Complementos Vectrial Ràster Base de d'atos Web Malla MMQGIS Procesos Ayuda

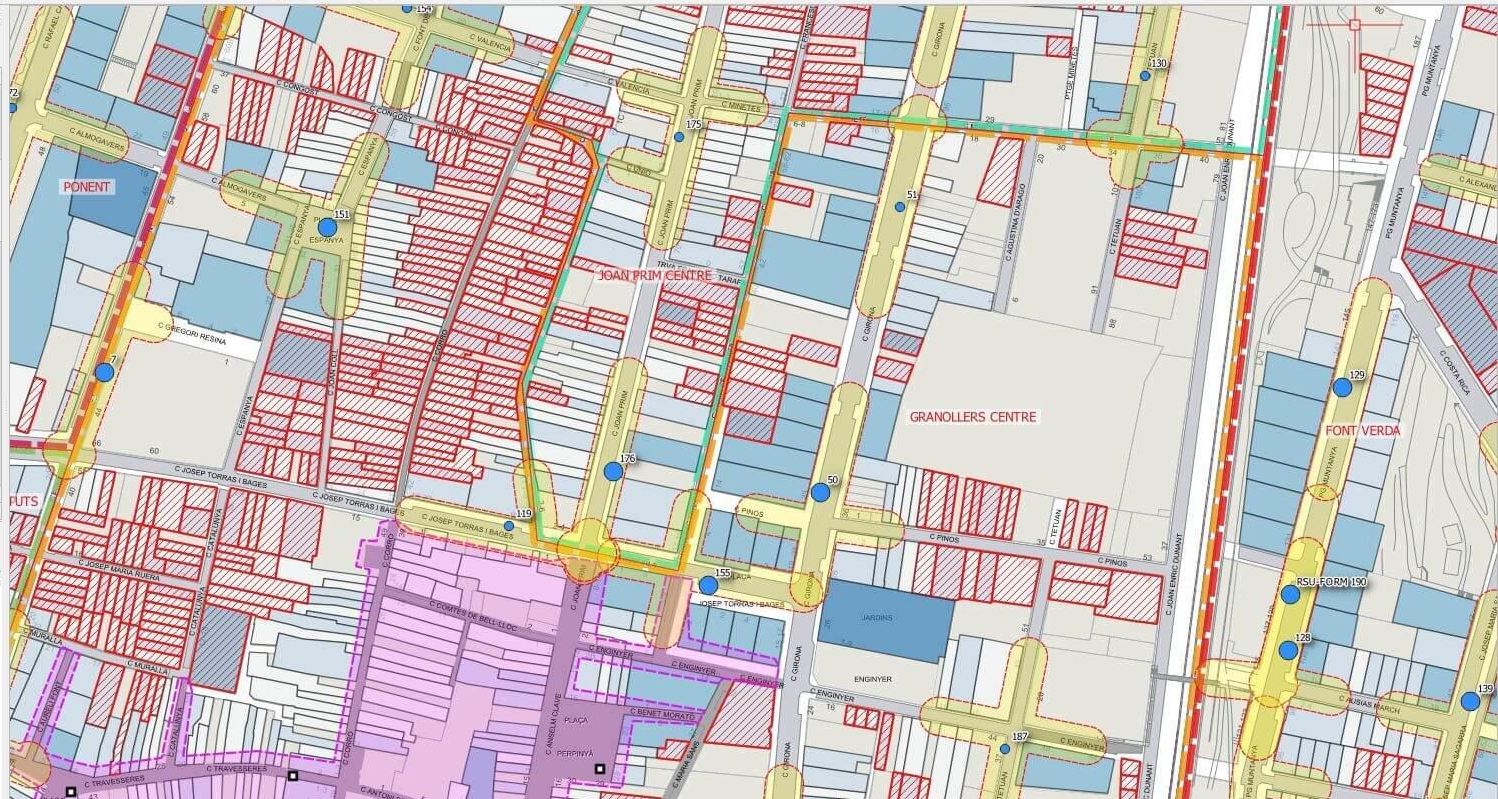


Capas

- Contenidors_paper_nou
 - Contenidors paper
 - 1 contenidor
 - 2 contenidors
 - 3 contenidors
 - Contenidors envasos
 - 1 contenidor
 - 2 contenidors
 - 3 contenidors
 - Contenidors vidre
 - 1 contenidor
 - 2 contenidors
 - Contenidors_v2
 - Contenidors_v1
 - No
 - Si
 - Àrea d'influència paper i rebuig
 - Àrea d'influència orgànic
 - Àrea d'influència rebuig

Capas Navigador

Vista general



Escriba para localizar (Ctrl+K)

Coordenada 441194.0,4607019.8 Escala 1:2477 Amplificador 100% Rotación 0,0° Representar EPSG:25831

- <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>
- System for Automated Geoscientific Analyses
- Licence: GNU GPL
- Ovládání pomocí GUI nebo příkazové řádky
- programován v C++, modulární uspořádání
- 40 typů rastrových formátů
- z vektorů umí ty základní
- moduly ze SAGA jsou spustit v **QGIS** ale i v dalších programech



SAGA

<https://sagatutorials.wordpress.com/training-manual/>

The screenshot displays the SAGA GIS interface with several windows open. The 'Voronogram' dialog box is the central focus, showing a scatter plot of 'Var. (m/s)' vs 'Distance' with a fitted curve. The dialog includes fields for 'Number of Pairs', 'Function Fitting Range', and 'Function Parameters'. The parameters are: $a + b \cdot \sqrt{c + x}$, $a = 1$, $b = 1$, and $c = 1$. The determination is 65.95% and the fitting range is 300000.000000. Other windows include 'SRTM' data, a 'Scatterplot' window, and a 'Table' window with the following data:

PARAMETER	VALUE
1 R2	0.895479
2 R2_ADJ	0.895011
3 STD_ERROR	0.403447
4 SSR	1981.680417
5 SSE	126.253857
6 SET	1207.913274
7 MSR	360.553472
8 MSE	0.189156
9 F	1926.244790
10 SIG	0.000000

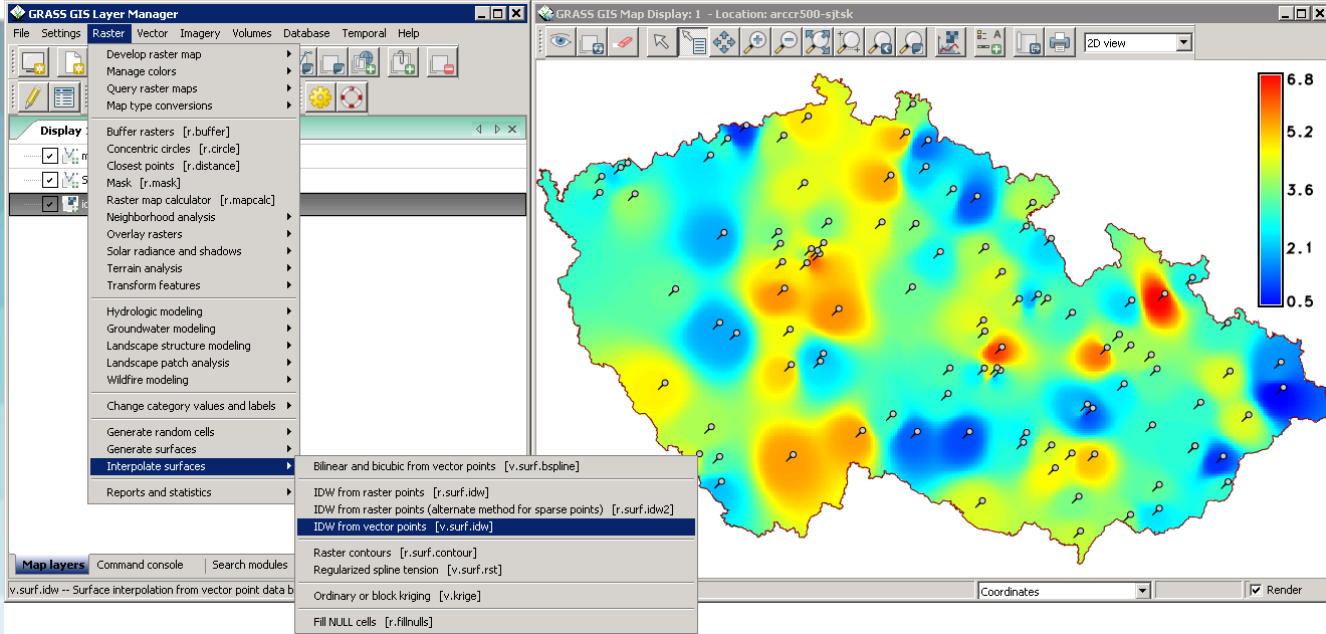
<https://sourceforge.net/p/saga-gis/wiki/Documentation/>

A grid of 12 small thumbnail images arranged in a 2x6 grid, each showing a different SAGA GIS tool's output. The thumbnails are labeled as follows:

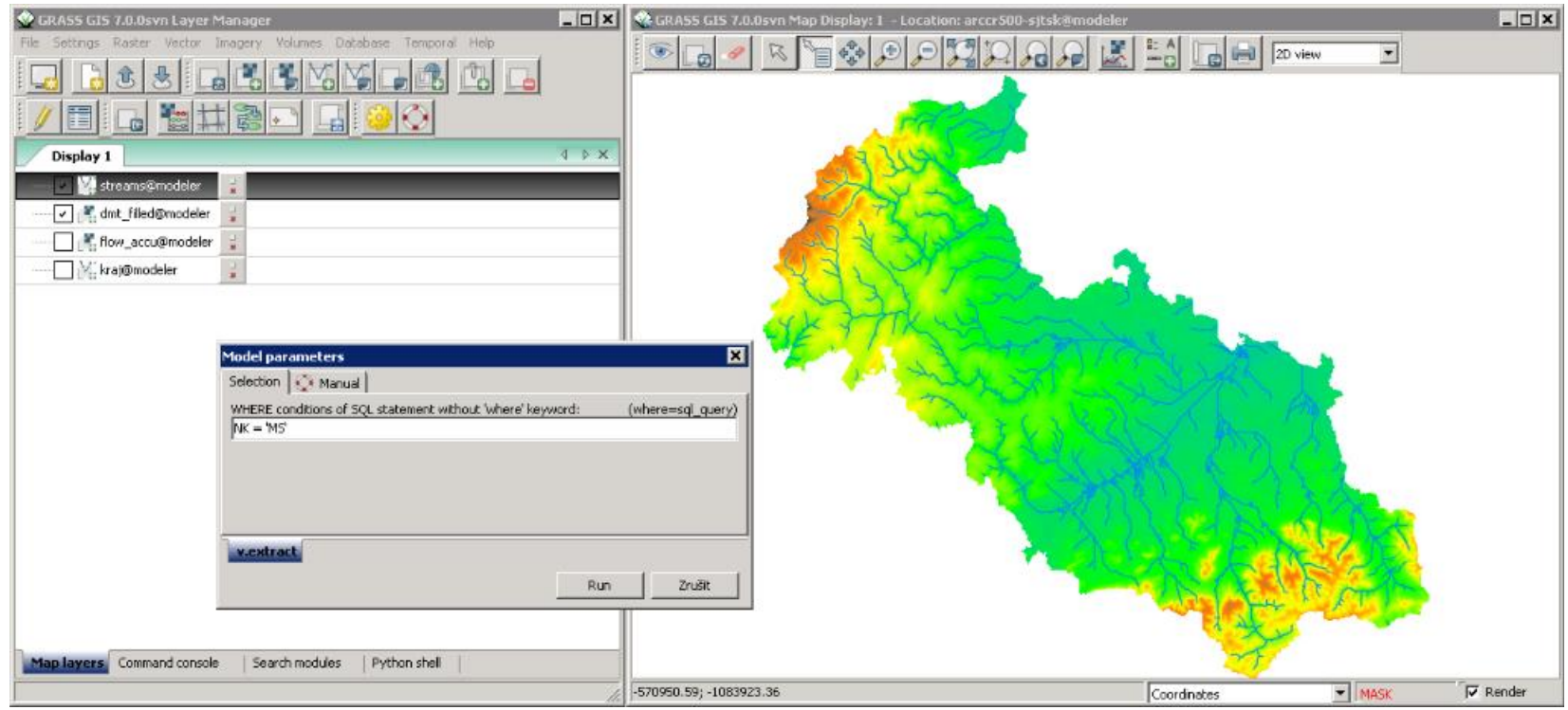
- Top Row: Projections, Image Analysis, Raster Tools, Terrain Analysis.
- Bottom Row: Projections, Image Analysis, Geostatistics, GUI.



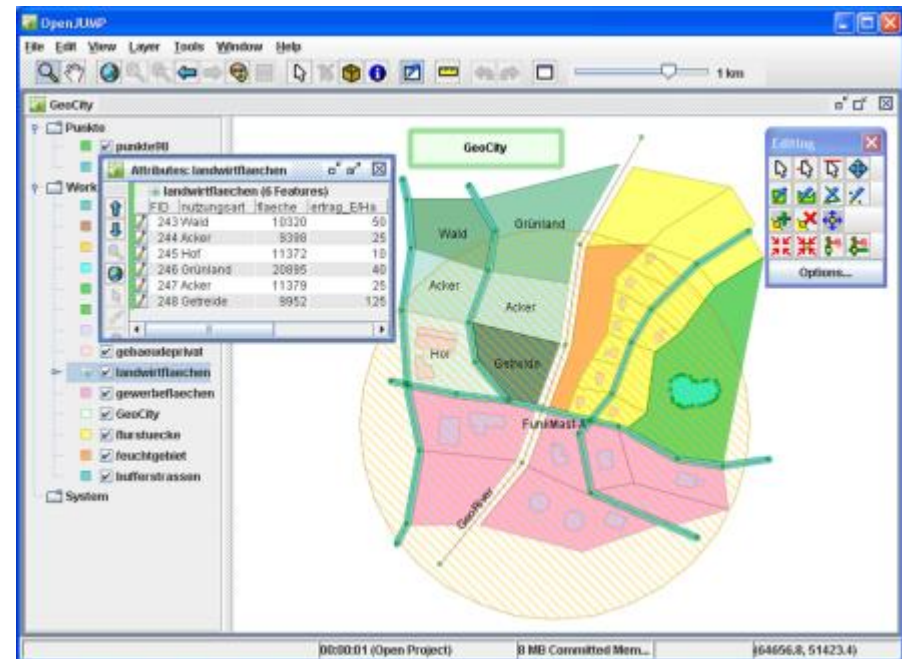
- <https://grass.osgeo.org/>
- Geographic Resources Analysis Support Systém
- Vývoj zahájen v roce 1982 pro účely U.S. Army
- Licence: GNU GPL
- Vektorová i rastrová data
- Mnoho nástrojů pro analýzu
- GUI i příkazová řádka
- Moduly přístupné i v **QGISu**



GRASS GIS



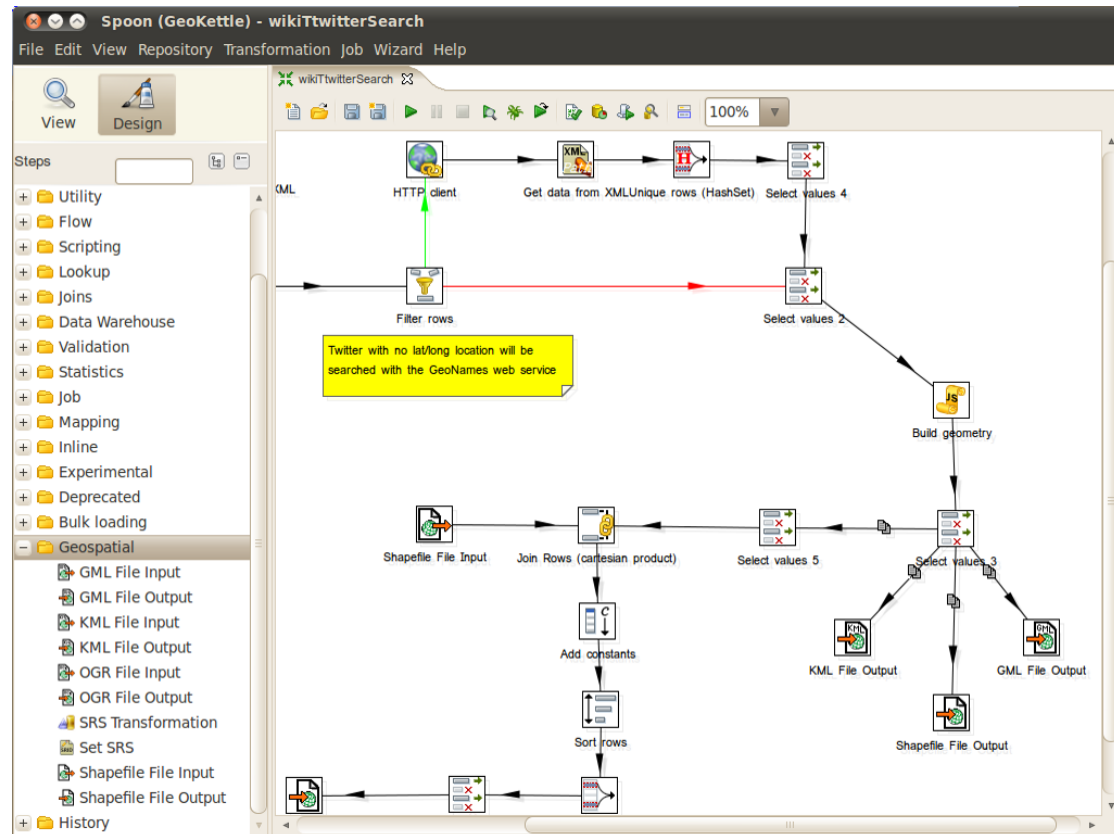
- <http://www.openjump.org/>
- Původně JUMP GIS od Vivid Solutions
- Jazyk: JAVA, primárně vektorová data (editace, ...)
- Plug-iny: generalizace, ...
 - http://ojwiki.soldin.de/index.php?title=Plugins_for_OpenJUMP#Spatial_Analysis_and_Editing_PlugIns





GeoKettle

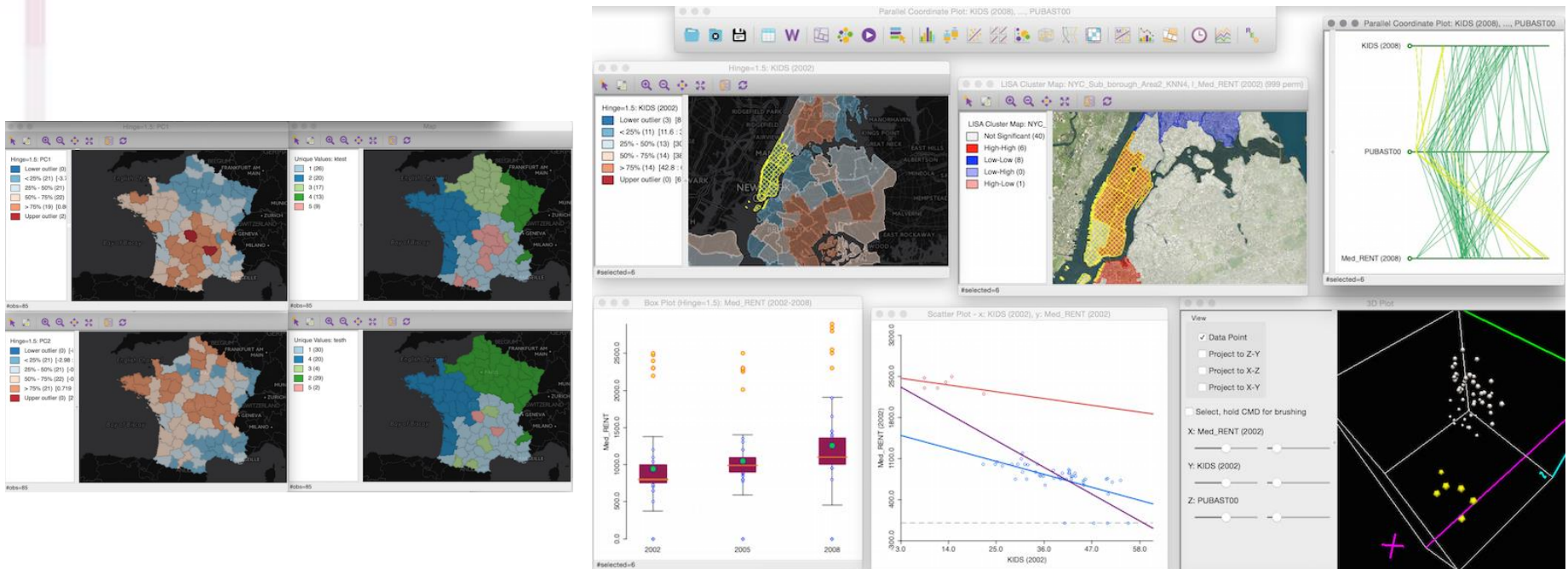
- ETL = Extract Transform Load
- <http://www.geokettle.org/>
- spatially-enabled" version of [Pentaho Data Integration](#) (also known as Kettle)





GeoDa

- Otevřený software - <https://geodacenter.github.io/>
- Dr. Luc Anselin - <https://spatial.uchicago.edu/software> (i další nástroje)
- Explorativní analýza dat
- Prostorové statistiky a modelování prostorových vzorů



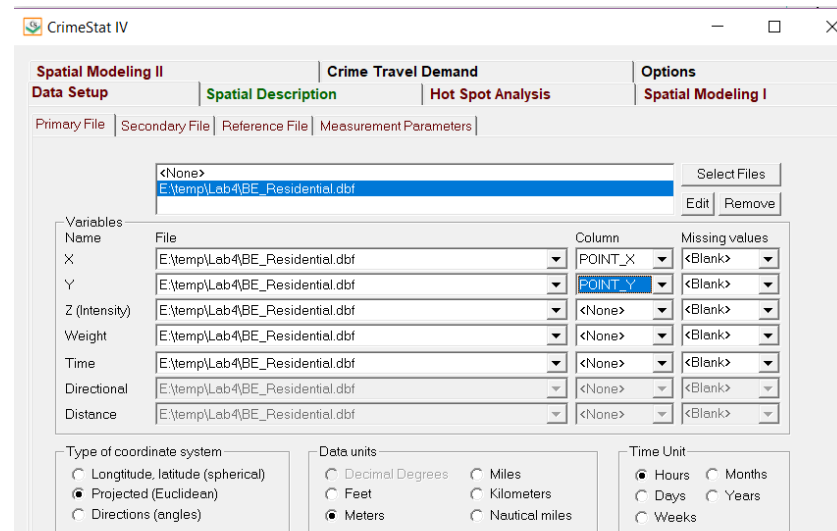


CrimeStat

- „balík pro prostorovou statistiku, který může analyzovat rozmístění trestných činů“ (Levine, 2013).
- program pro Windows, v jazyce C++, vývoj zahájel díky grantu National Institute of Justice.
- Neumožňuje přímo vytváření map, vizualizace dat a výsledků výpočtů
- Mezi hlavní funkce (v.4.0):
 - prostorová deskripce (spatial description)
 - analýzy koncentrací (hot spot analysis),
 - prostorové modelování (spatial modeling),
 - interpolace,
 - Crime Travel Demand Modeling - analýza potenciálních sériových zločinců

<https://en.wikipedia.org/wiki/CrimeStat>

<https://nij.ojp.gov/topics/articles/crimesta-t-spatial-statistics-program-analysis-crime-incident-locations>



A nejen GIS!

- Vektorová grafika – **Inkscape**
 - <https://inkscape.org/>
- Rastrová grafika – **GIMP**
 - <https://www.gimp.org/>
- Sazba a předtisková příprava – **Scribus**
 - <https://www.scribus.net/>

