



MUNI

GIS4SG

Základní stavební kameny prostorové analýzy jaro 2023

**Lukáš Herman, Petr Kubíček &
Radim Lískovec**

kubicek@geogr.muni.cz, herman.lu@mail.muni.cz

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



Výuka

- **2+1**

- 2 h – přednáška – Lukáš Herman
- 1 h – cvičení – Radim Lískovec

- **Termíny:**

- Přednáška

- ÚT 14:00 - 15:50 v Z5

- Cvičení

- ÚT 16:00 – 16:50 v Z7

- **První cvičení proběhne 21.2. – výjimečně začátek v 15:00 v Z5!** Bude tedy dvouhodinové. Od 28.2. již podle rozpisu výše...





Prerekvizity – na co navazujeme?

- **Z0262 Geoinformatika** – základní technologické znalosti a dovednosti.
- **Z2062 Geografická kartografie** – základní znalosti o tvorbě a podstatě map.
- **Z8118 Tvorba tematických map** - ?
- ...



Základní teoretické okruhy + praktická cvičení
Struktura 2/1 – přednášky budou využívat
také aktivní výukové metody(?)

- 1. Úvod do geoinformační problematiky v sociální geografii**
- 2. Vizualizace časoprostorových dat.**
- 3. Alokční úlohy;**
- 4. Alokační úlohy;**
- 5. Geomarketing;**
- 6. Analýzy kriminality;**
- 7. Multikriteriální analýza a ověřování její validity.**



Literatura - knihy

- **WORTLEY, R., MAZEROLLE, L.G. (2008): Environmental criminology and crime analysis.**
- **OKABE, A. (2006): GIS-based studies in the humanities and social sciences.**
- **PARKER, R. N., ASENCIO, E.K. (2008): GIS and spatial analysis for the social sciences : coding, mapping and modeling.**
- **Vybrané doporučené články - viz přednášky.**

Online zdroj: <http://www.spatialanalysisonline.com>



Organizace a ukončení

- **Zkouška – ústní zkouška.**
- **Cvičení tvoří nedílnou část známky z předmětu.**
- **Cvičení – viz podmínky Radim Lískovec**
 - projektová práce v týmu v rámci cvičení,
 - využití „peer review“ (průběžná zpětná vazba),
 - aktuální a zajímavé data 😊
 - volba SW bude na Vás:
 - ArcGIS, ArcGIS Pro
 - QGIS, GeoDa
 - R
 - ...



Jaká je budoucnost GIS?

https://youtu.be/IY2_3th-Axk



**MAKING
SENSE OF
THE DATA**



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

Zdroj: <http://www.spatialanalysisonline.com>



Základní operace

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



Analytické a modelovací metody – OGC simple feature specs

- **Prostorové predikáty**

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)



Kahoot!



GEOMETRICKÉ A RELAČNÍ OPERACE



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:

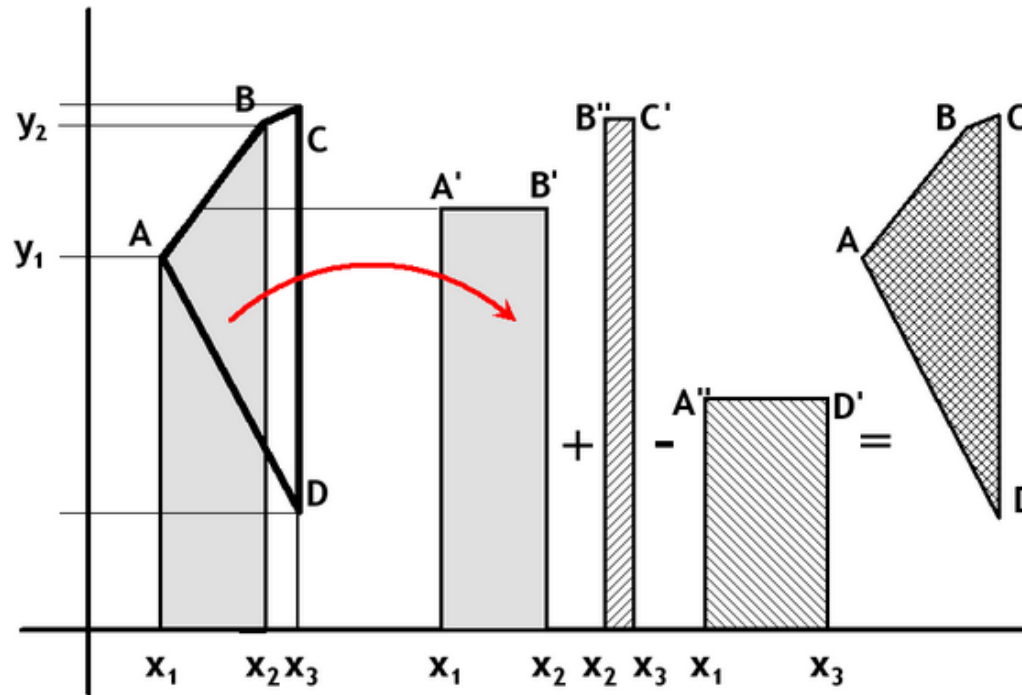
- **Vnitřní** – součást atributové tabulky pro všechny geometrické prvky.
- **Vnější** – je nutné vypočítat a doplnit pro všechny prvky (součást SW nebo výpočetní vzorec).
- Pokud je třeba provádět s geometrickými vlastnostmi nějaké další operace (seřadit podle plochy, plocha x obvod), je vhodné si **explicitně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

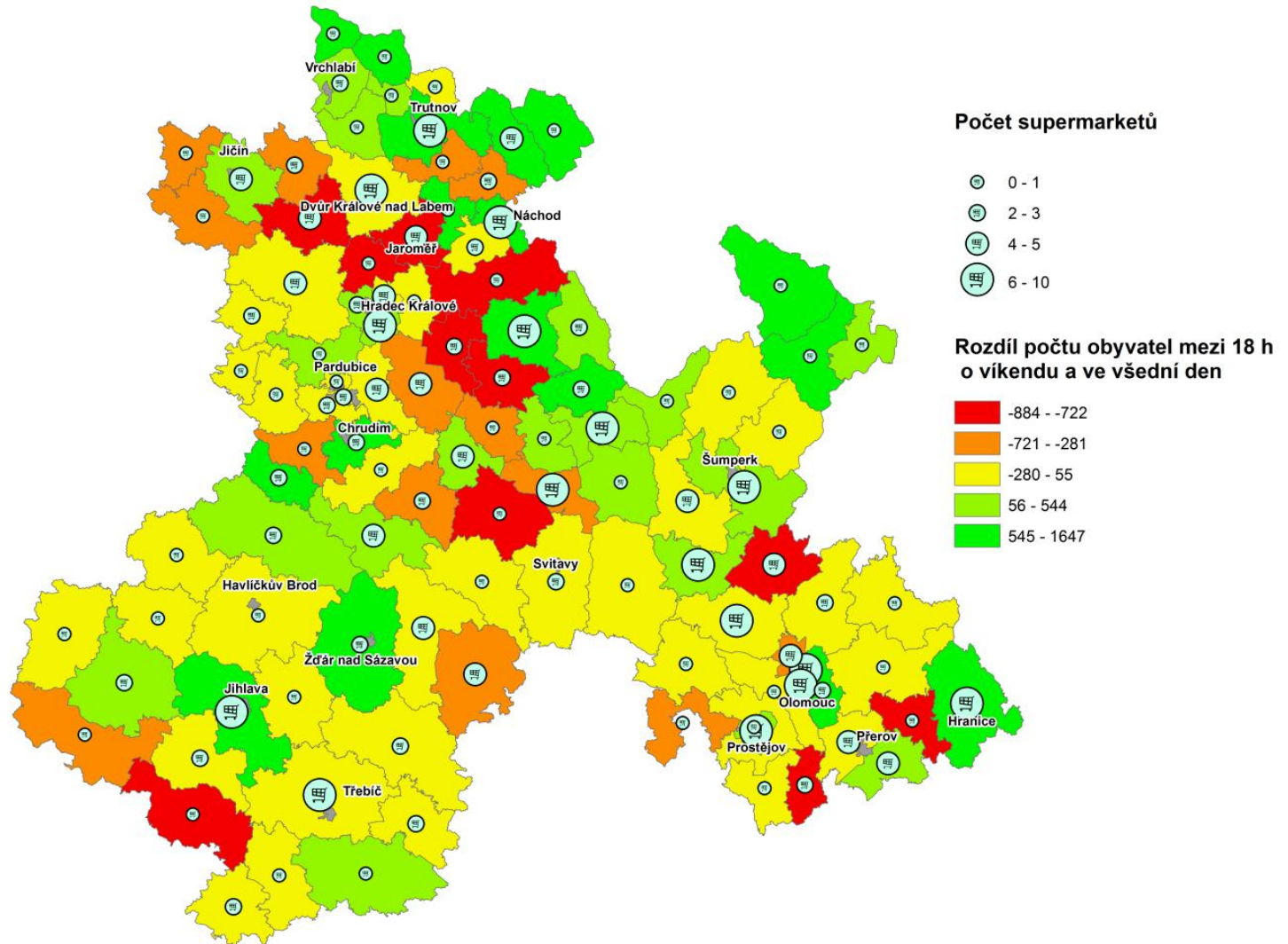
- **Dáno velikostí buňky a počtem řádků a sloupců.**
- **Plocha** = počet buněk; vymezení celistvé plochy (otvory, homogenity, celistvost hranic)
- **Vzdálenost** – dle typu povoleného pohybu – Manhattan, diagonální pohyb.

	■	
■	■	■
	■	

■		■
	■	
■		■

1.41	1	1.41
1	0	1
1.41	1	1.41

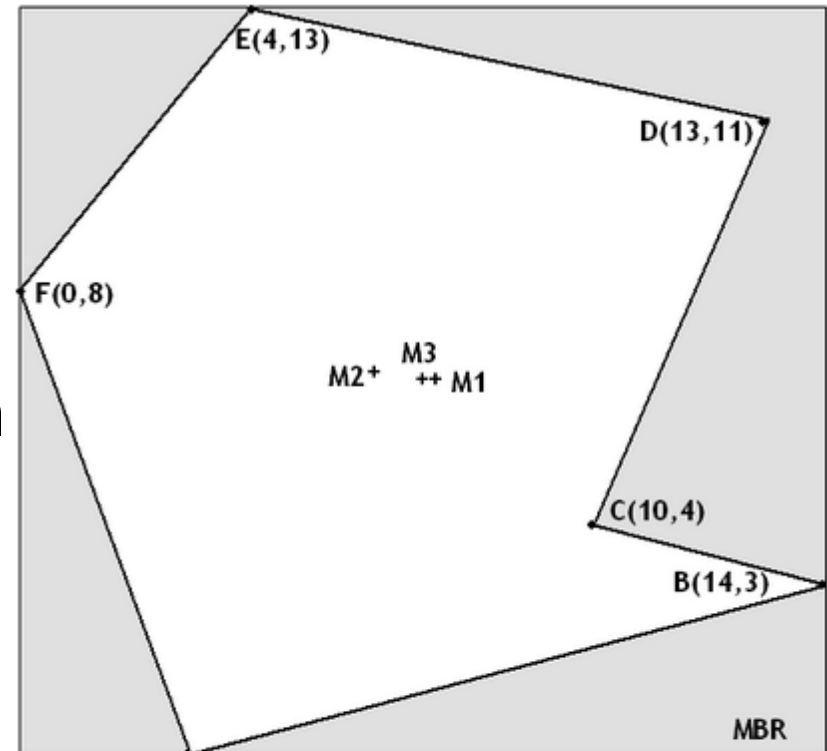
Jak jsou reprezentovány atributové složky plochy?





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)

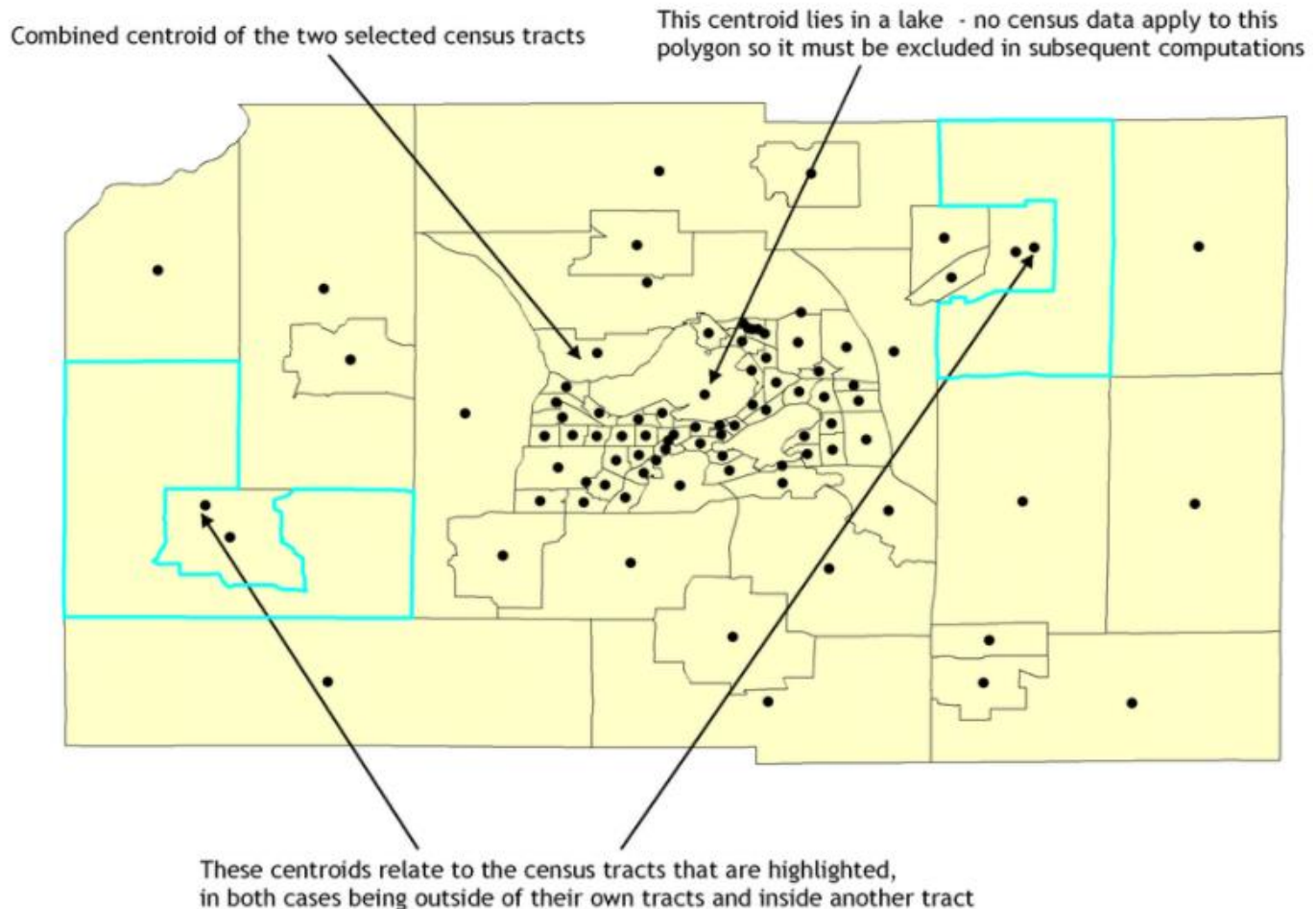
Centre of gravity: M2=(6.33,6.72)

MBR centre: M3=(7.00,6.50)



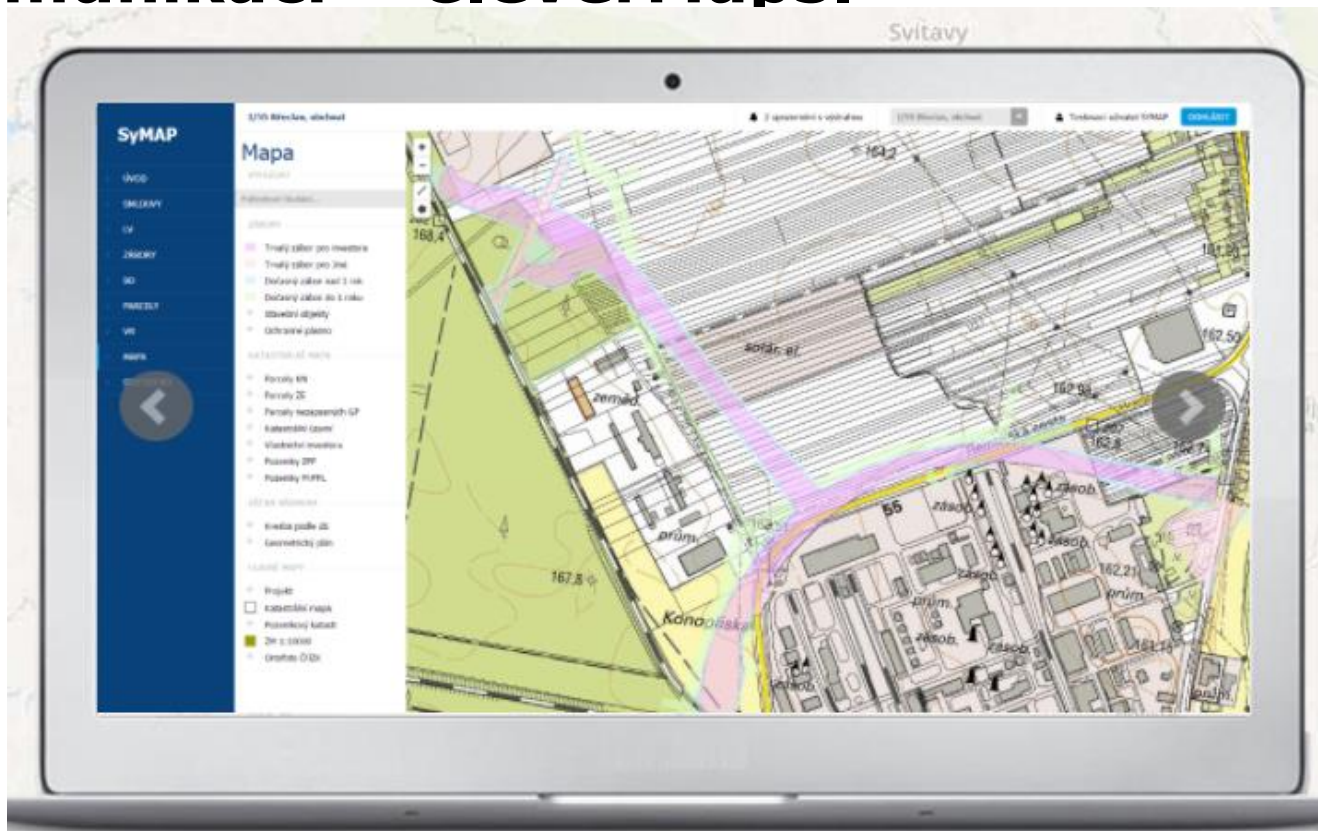
Potenciální problémy

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



Prostorové dotazy (spatial join)

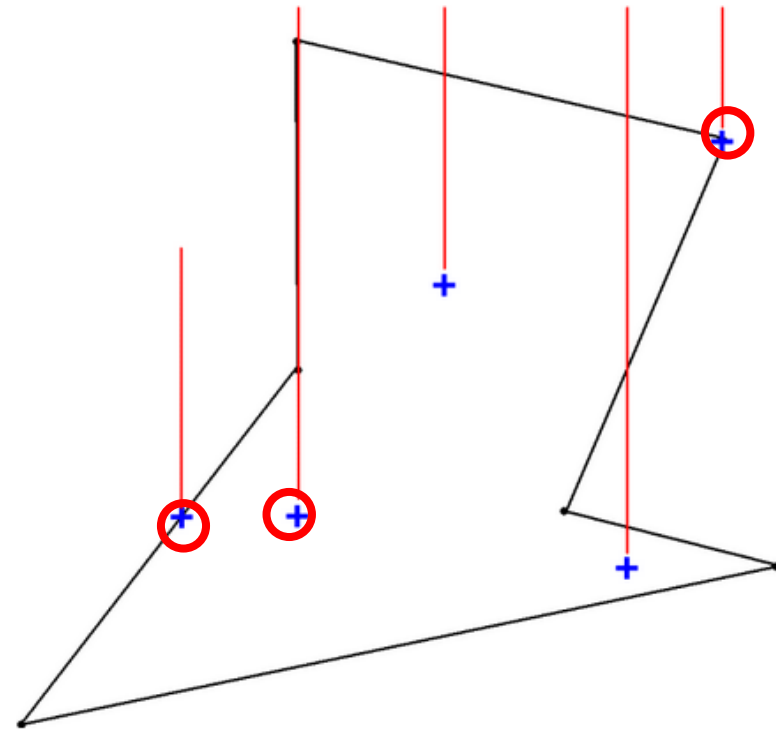
- Která místa leží v JMK??
- ŘSD a projektování výstavby rychlostních komunikací – CleverMaps.





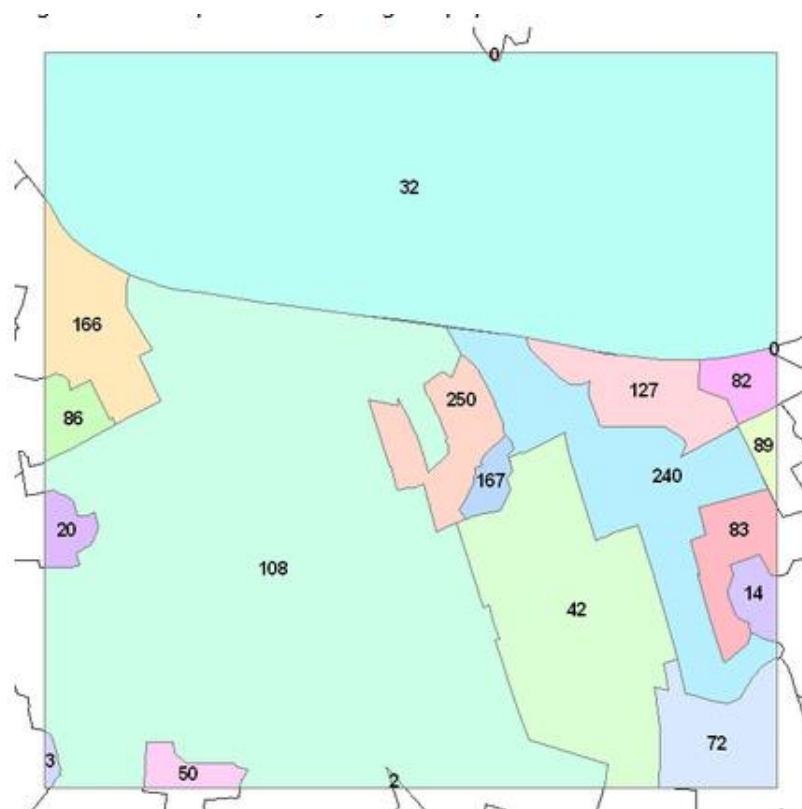
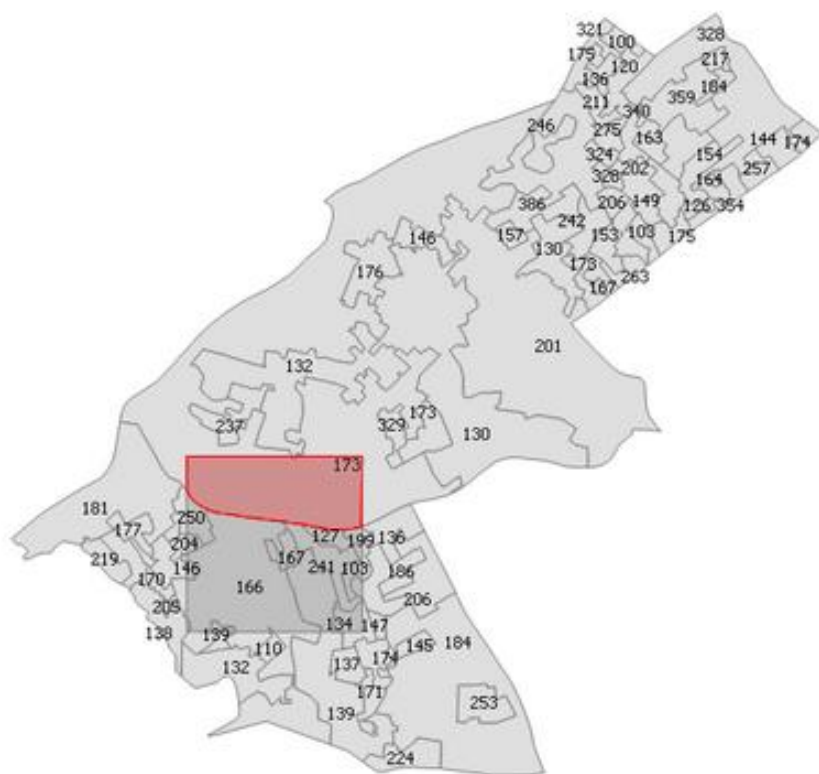
Bod (linie, polygon) v polygonu

- 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 ○



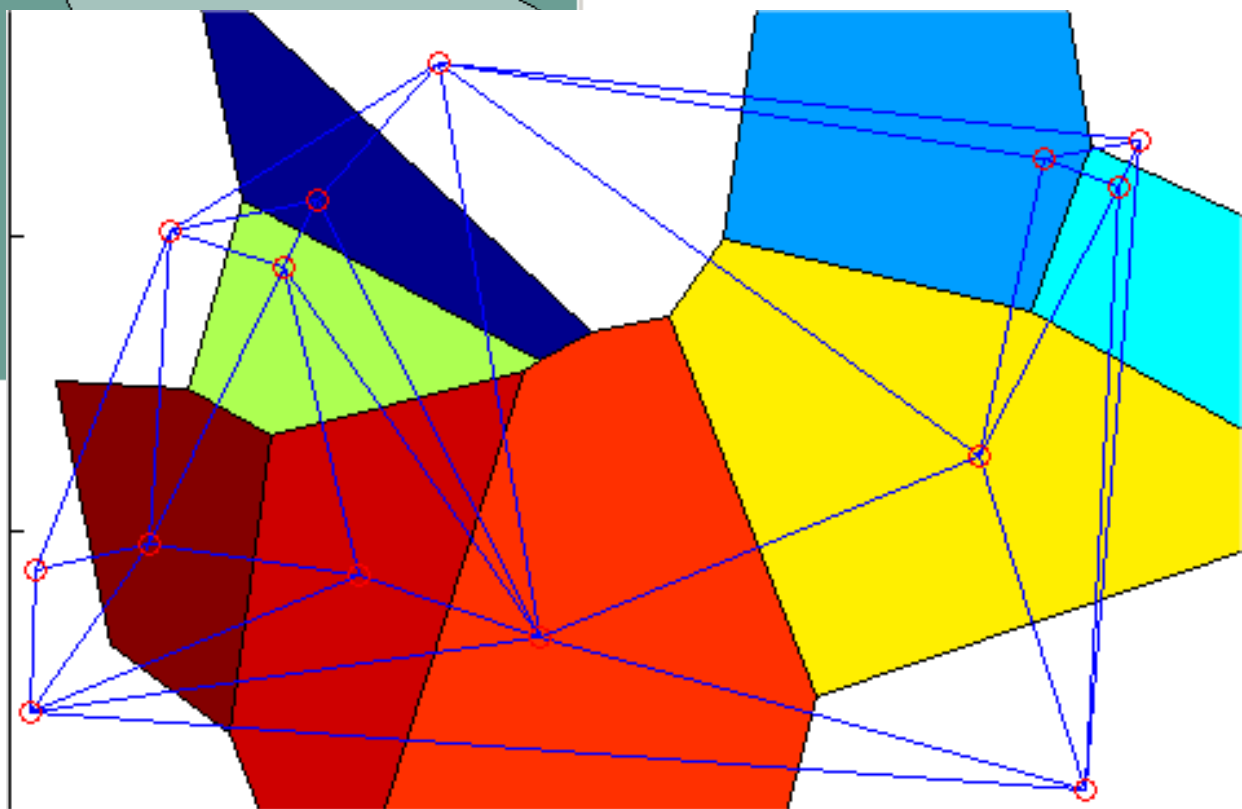
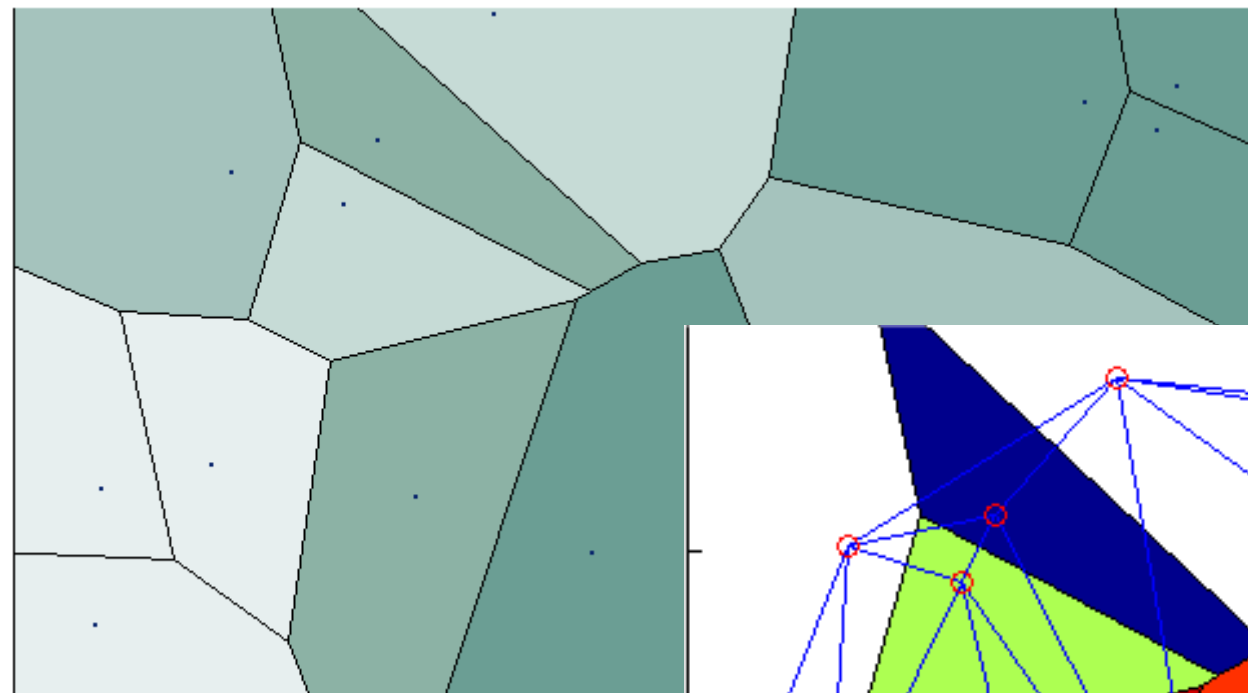
Interpolace polygonu

- Jak přiřadit atributy nově vzniklému polygonu?
- Obslužná zóna nemocnice vs. Demografie.
- 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

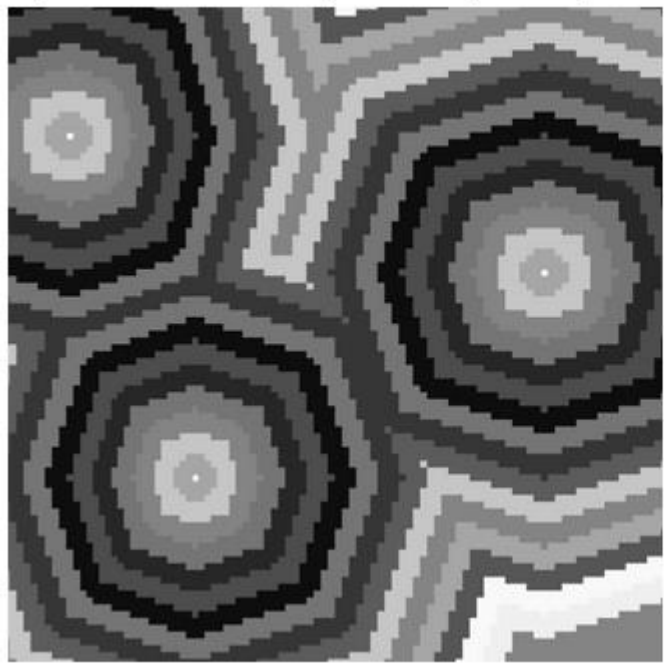


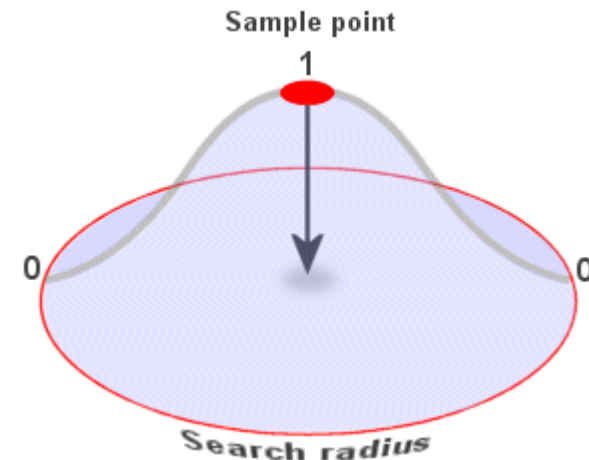
Figure 4-35 Network-based Voronoi regions – Shibuya district, Tokyo

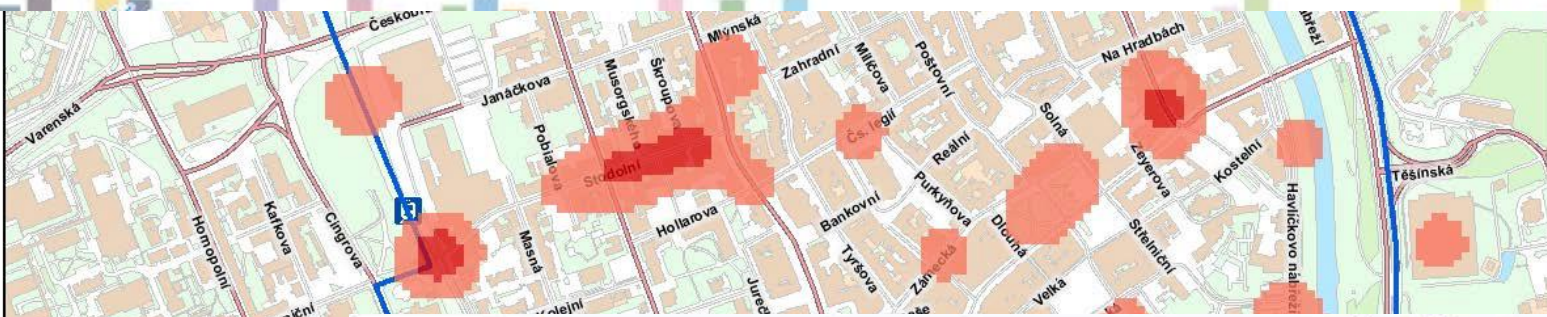




Hustota a metody jádrového vyhlazení – kernel density

- **Ve které části města dochází k nejvíce krádežím aut??**
- 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.

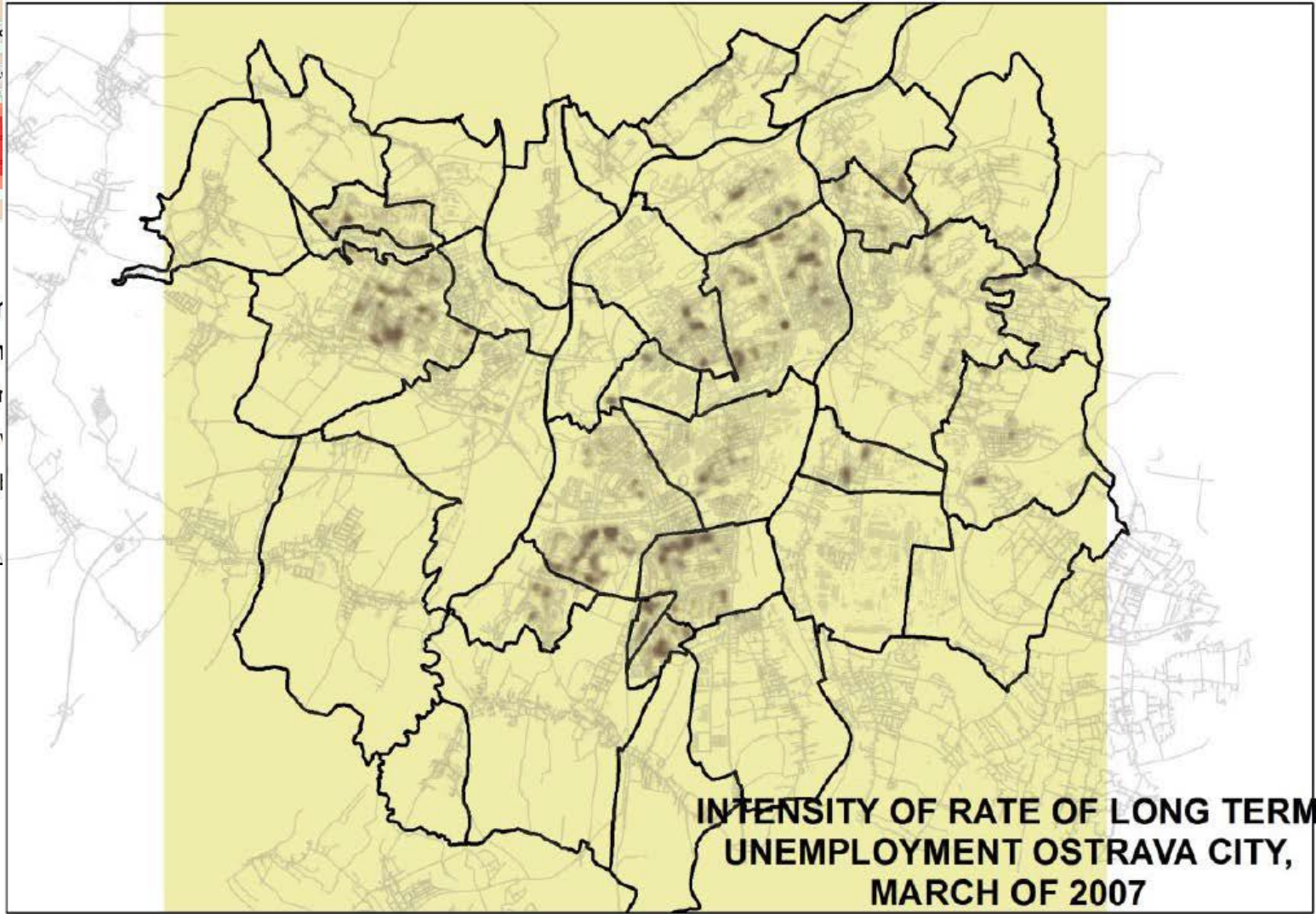




Legenda

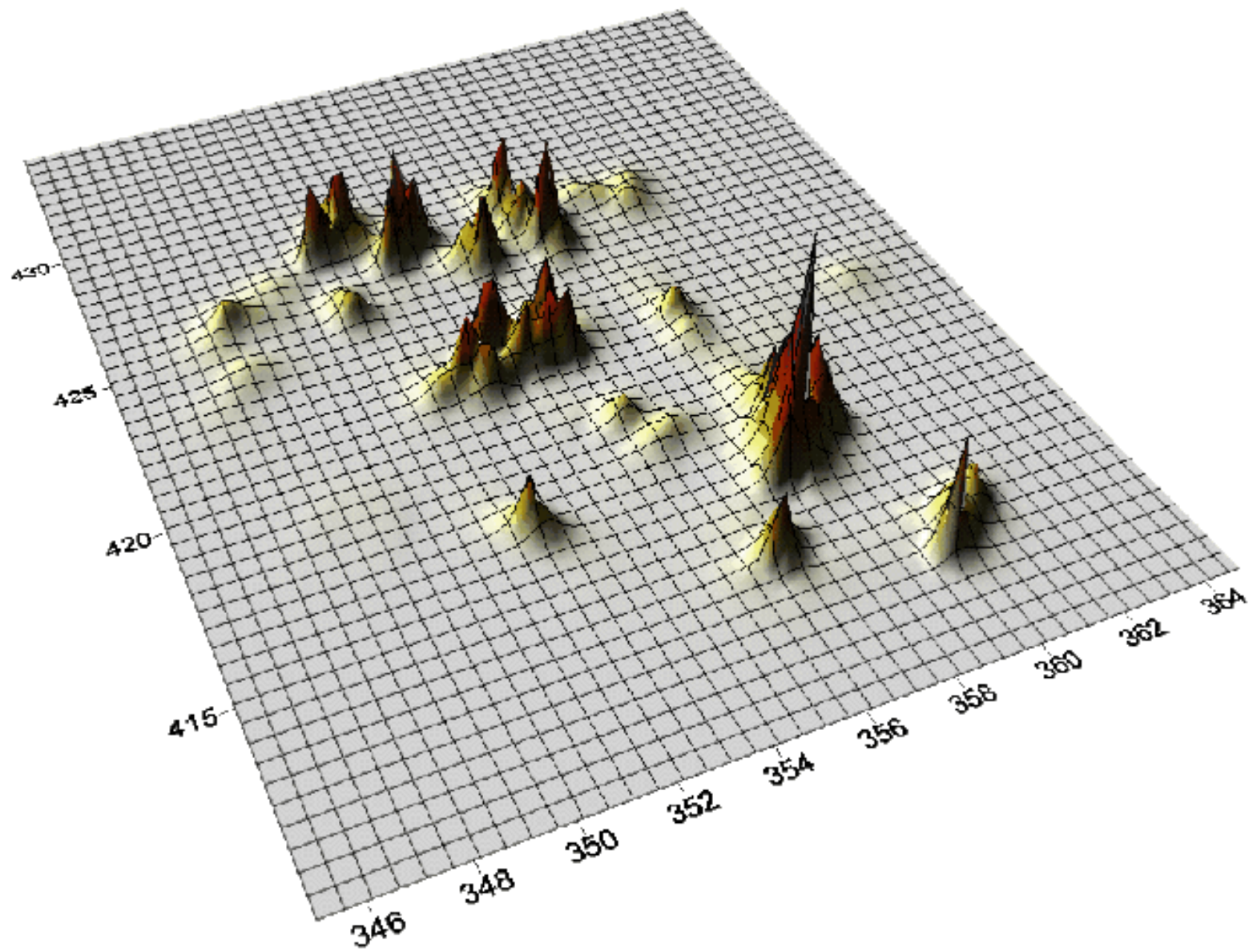
**Metóda: Kernel Density
bunka 10 m, vzdialen**

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



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

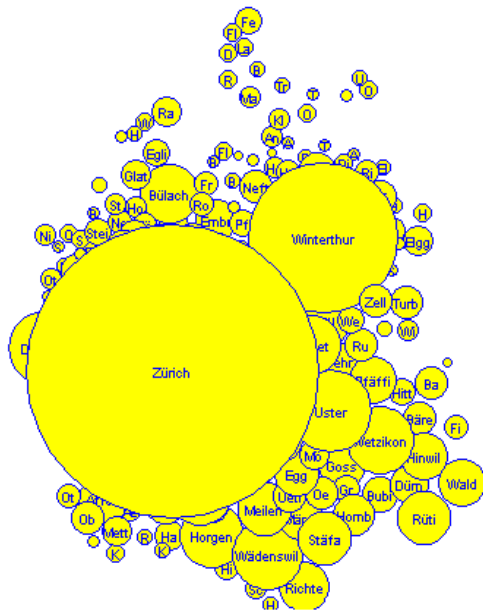
Figure 4-46 Kernel density map, Lung Case data, 3D visualization



Anamorfované mapy (Cartograms)

- Změněná geometrie prostoru
- Doorling. [MAPresso](#), [MapViewer](#) a [GeoDa](#).

A. : Initial stage



A. Zurich Canton, Switzerland. 171 communes, B. Cartogram creation using Dougenik, Chrisman and population mapped thematically
A. : Fin

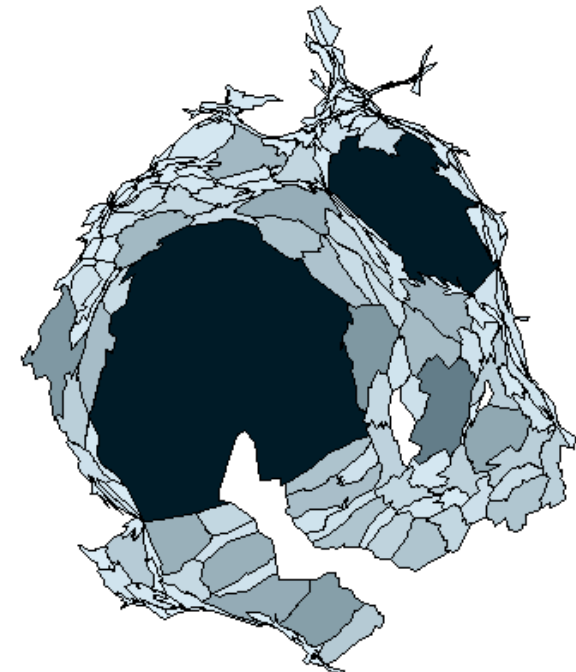
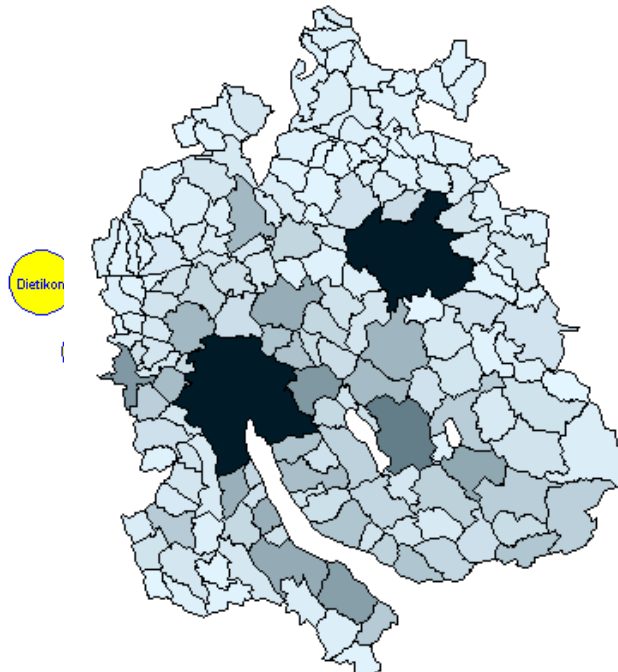
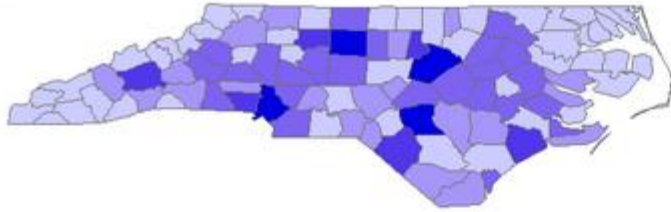
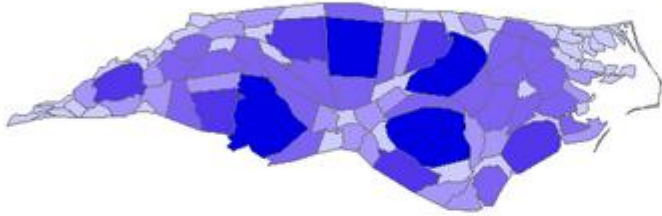


Figure 4-51 Cartograms of births data, 1974

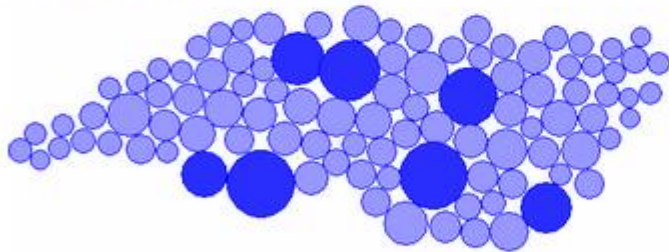
A. Source data



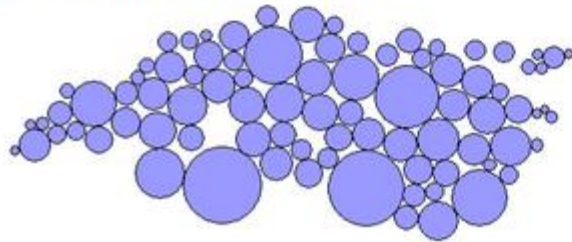
B. Glastner-Newman diffusion algorithm (ArcGIS 9 Cartogram Geoprocessing tool)



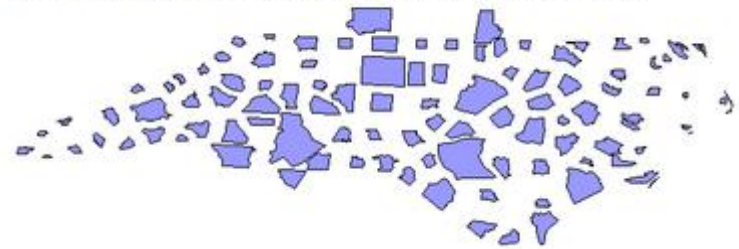
C. GeoDa's Dorling cartogram



D. MapViewer's Dorling cartogram



E. MapViewer's non-contiguous 'explosion' cartogram





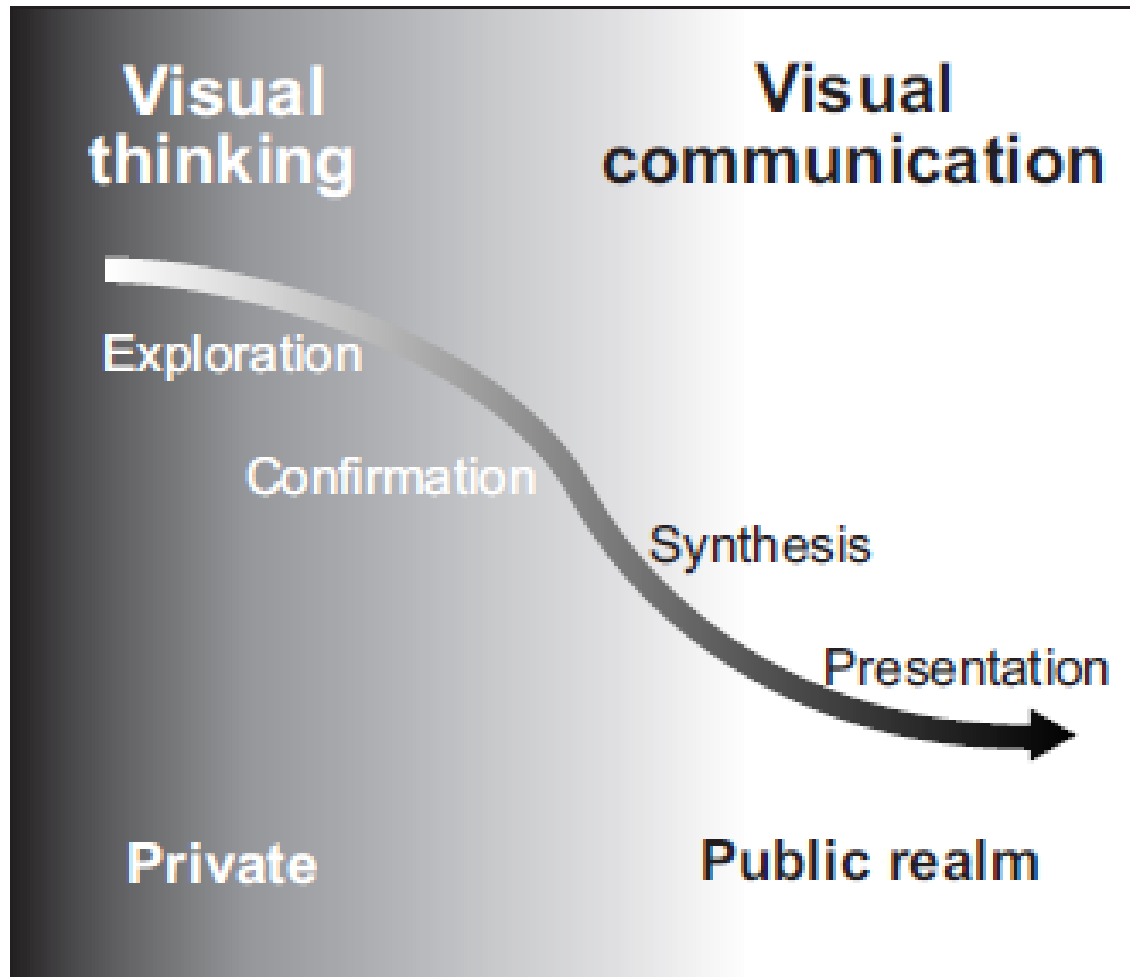
UŽITÍ MAPY – MAP USE A EXPLORACE DAT



Map use

- **Změna kartografického paradigmatu – jak mohou mapy lépe sloužit uživatelům? Užití mapy.**
- **Důraz na kartografickou vizualizaci**
- **Di Biase (1990) – vizualizace jako nástroj výzkumu. Křivka vizualizace zobrazuje sekvenci výzkumných kroků a odlišnou roli vizualizace.**
- **Na straně explorace hraje mapa a další typy vizualizace roli nástroje pro zdůvodnění (napomáhají vizuálnímu myšlení).**

Mapa a vizualizace v geografickém výzkumu

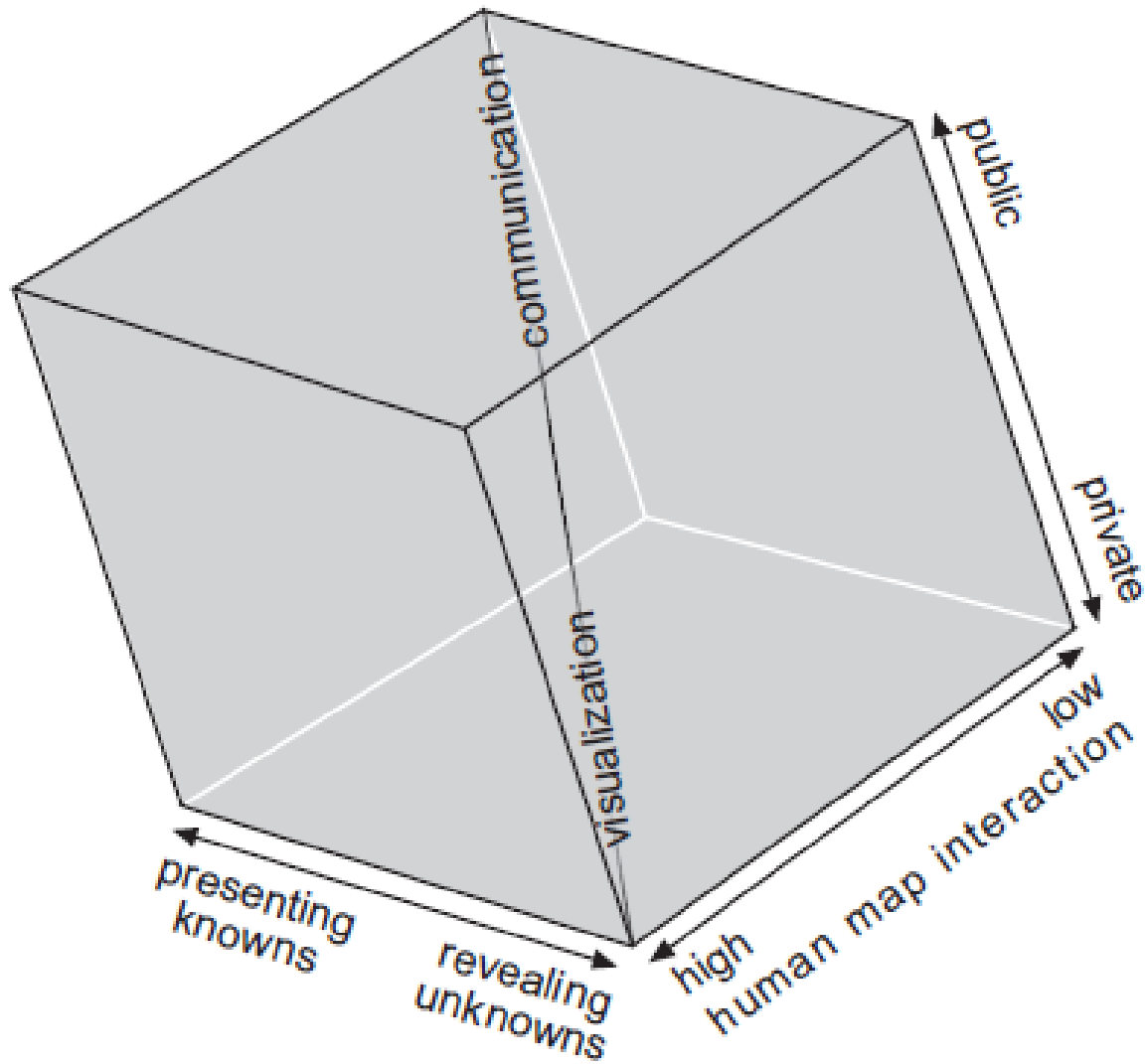
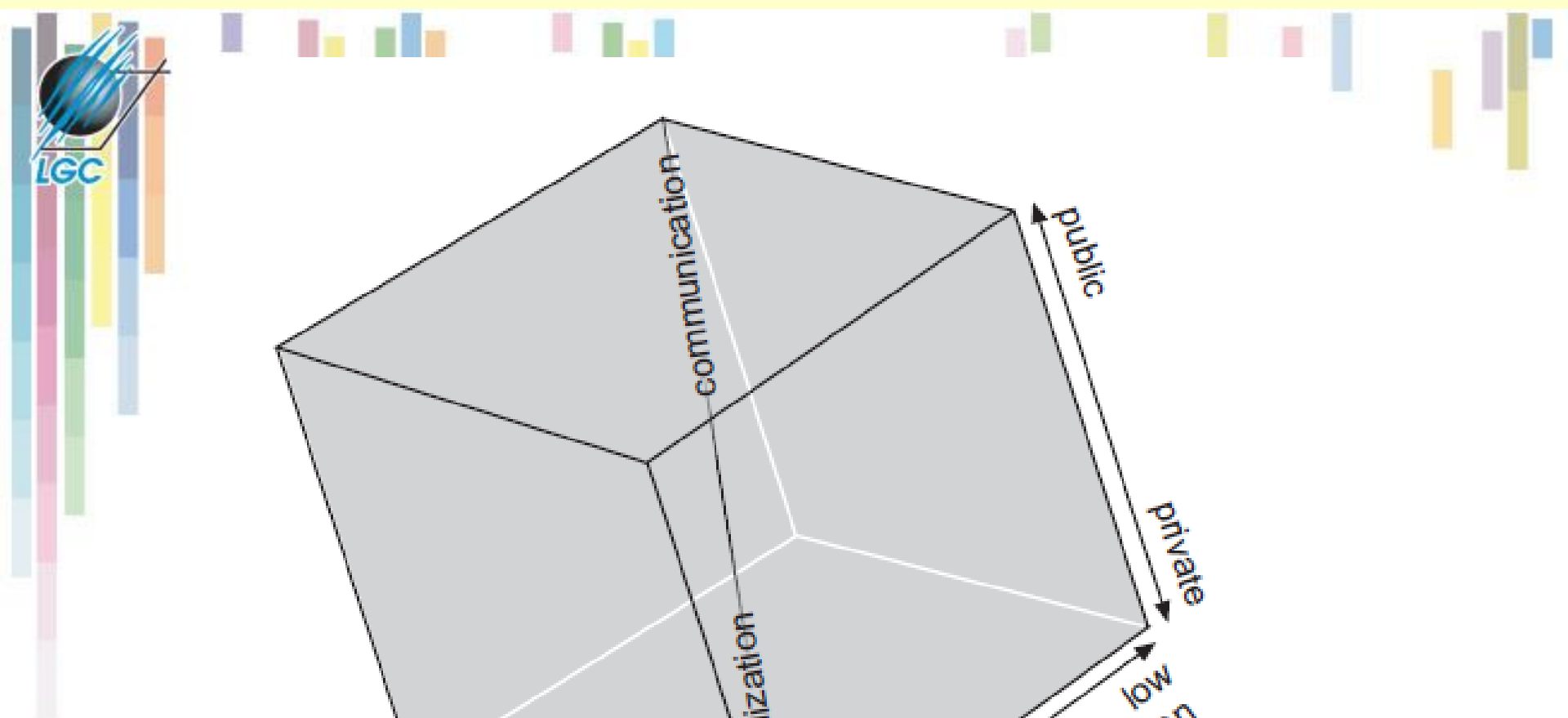


The GIS4SG maps and other graphics as tools in a geographic research sequence (after DiBiase, 1990)



„Prostor“ užití mapy

- MacEachren(1994) – konceptuální pohled.
- Vizualizace (ve smyslu vizuálního myšlení) je doplněk komunikace (ve smyslu přenosu informace).
- Možnost souvislého měření podél tří os:
 - **Private** – public
 - **Revealing unknown** – presenting known
 - **High human-map interaction** – low interaction
- Kartografická vizualizace = užití mapy v části krychle pro soukromé využití, odhalující nové a s vysokou mírou interakce.



The (cartography) map use cube (MacEachren, 1994)



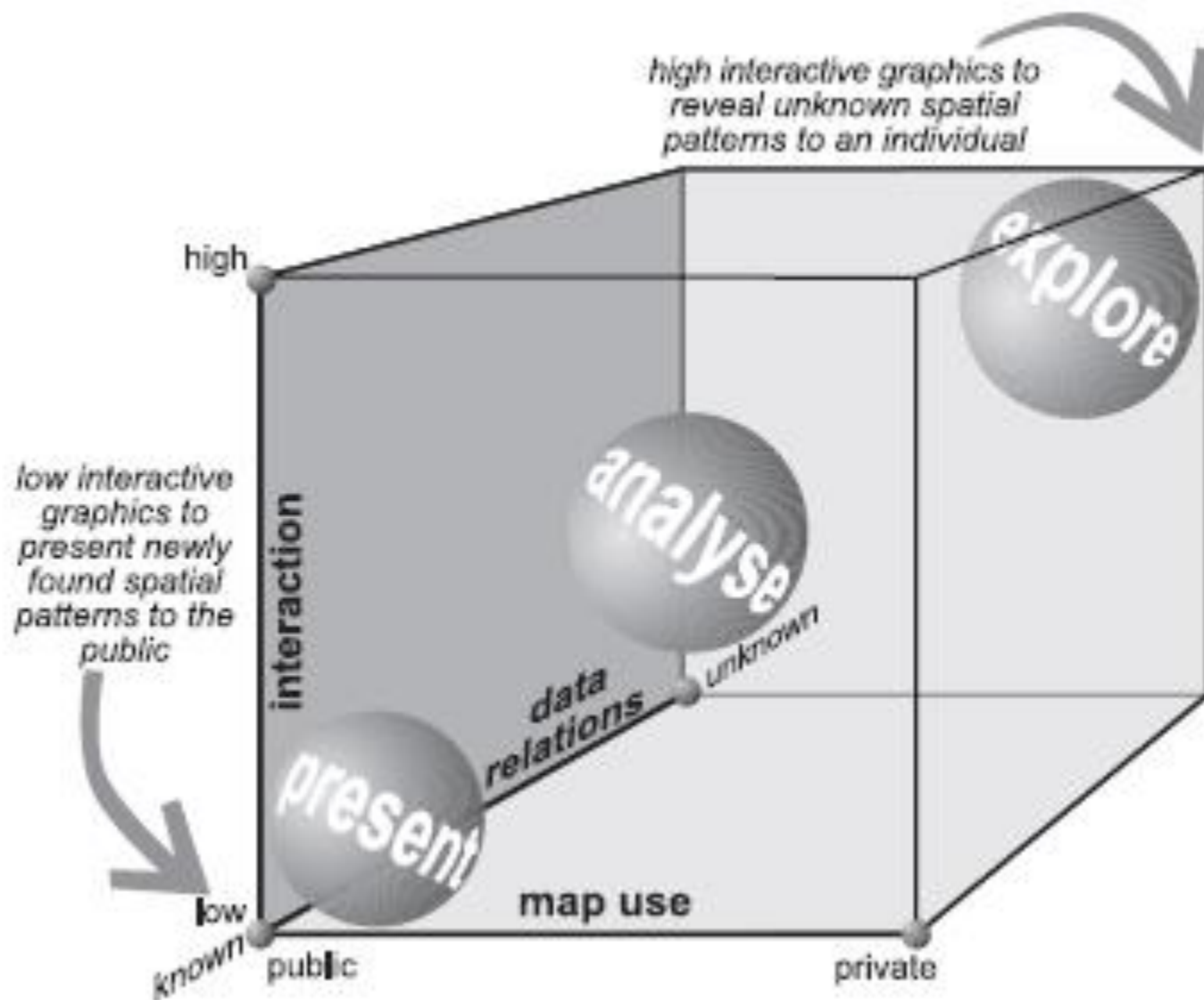
Kraak a Ormeling (1996) širší pojetí v prostředí GIS

Širší interpretace termínu „vizualizace“:

- **explore** pro neznámá a často „surová“ nezpracovaná data;
- **analyse** (manipulate) – pro známá data;
- **present** (communicate) znalosti a informace.

Odpovídající změny umístění uvnitř MacEachrenovy krychle.

Kraak a Ormeling (1996) širší pojetí v prostředí GIS





Kartografická explorace – nová agenda (Kraak a MacEachren 1997)

Definování základních 4 cílů :

- Explorace
- Analýza
- Syntéza
- Prezentace

Každý cíl vyžaduje přitom specifické vizualizační přístupy či strategie a je charakterizován svým umístěním v rámci konceptuálního prostoru užití mapy.

high

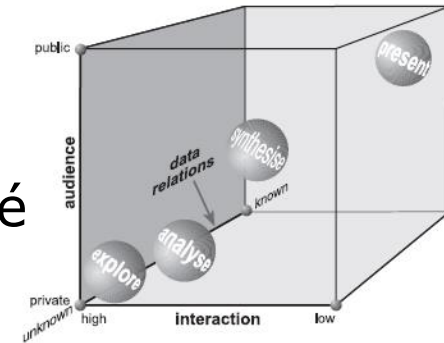
interaction

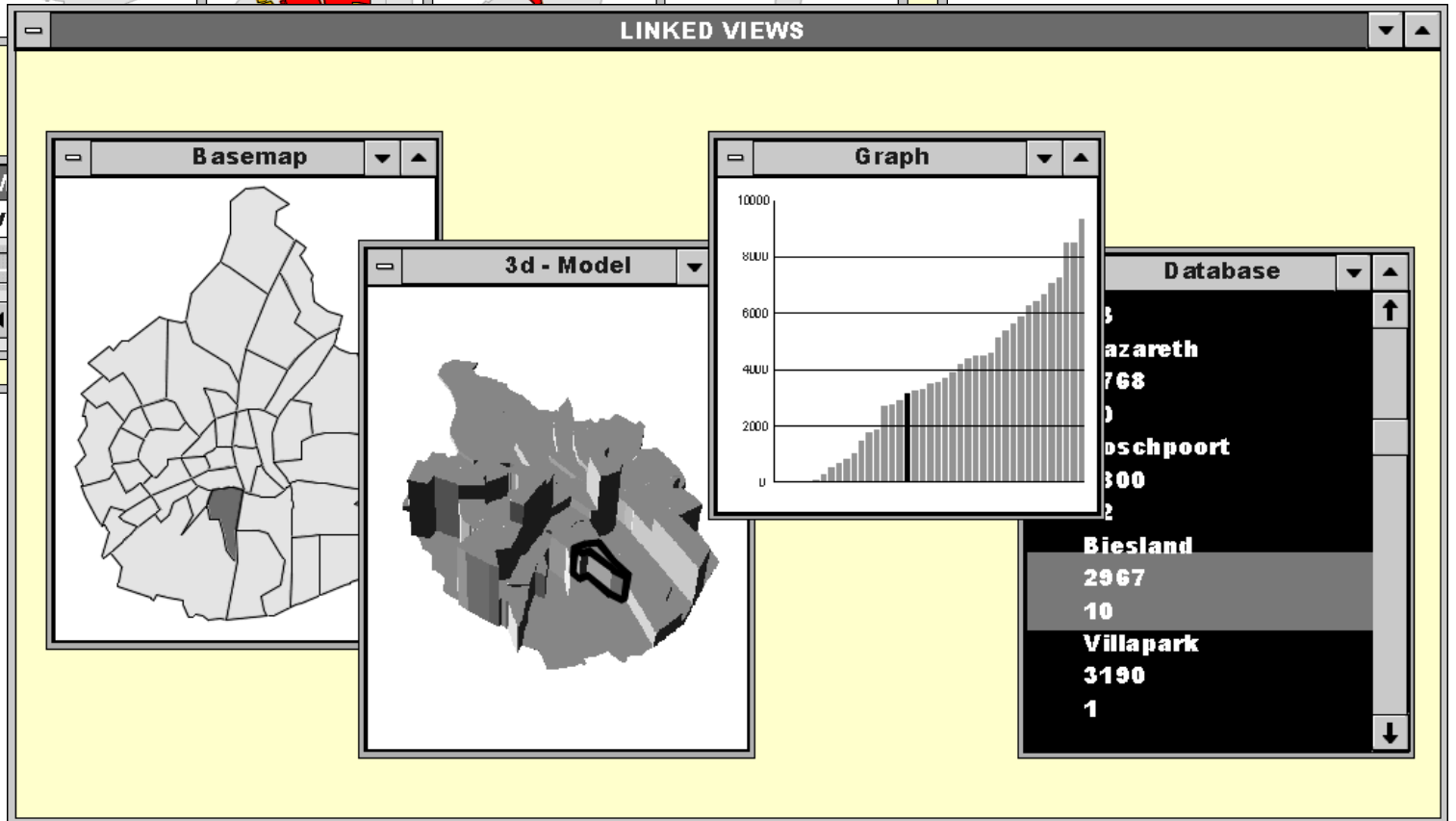
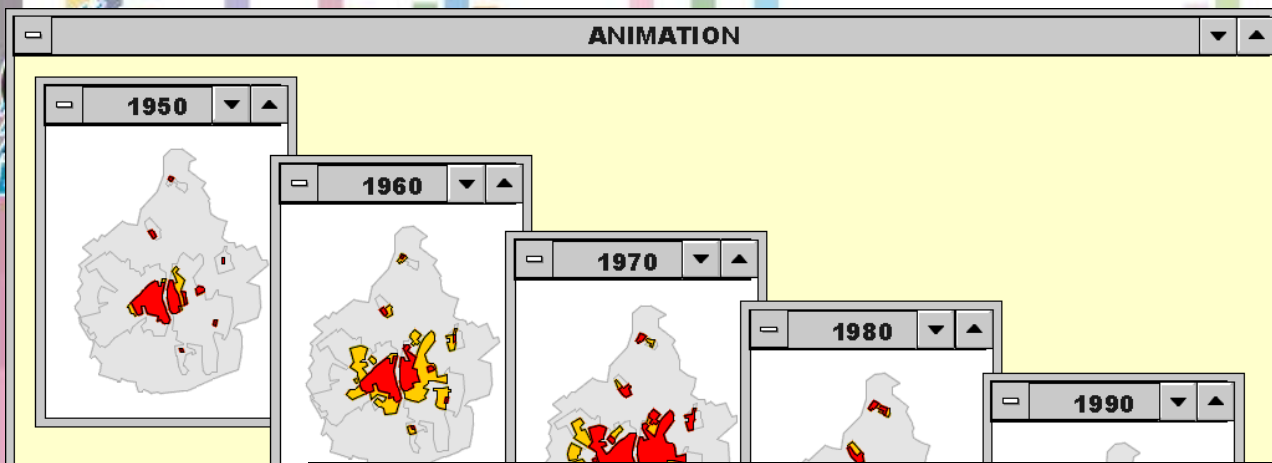
low



Explorace

- **Pozice – private - high interaction – revealing of unknown.**
- **Otázky :**
 - Jaká je podstata datové sady?
 - Které z vybraných datových sad mají podobné prostorové vzory?
 - Co když...?
- **Nástroje umožňující uživateli :**
 - Zkoumat prostorová data vizuálně – animace,
 - Identifikovat vztahy mezi proměnnými – propojená okna, „brushing“
 - Pohlížet na data s více pohledů – jak **prostorových** , tak **konceptuálních**.
- **Dynamické mapovací metody. Vzhled ovlivnitelný uživatelem.**





M

File Edit Dev

◀ ■ ▶

⏪ ⏩



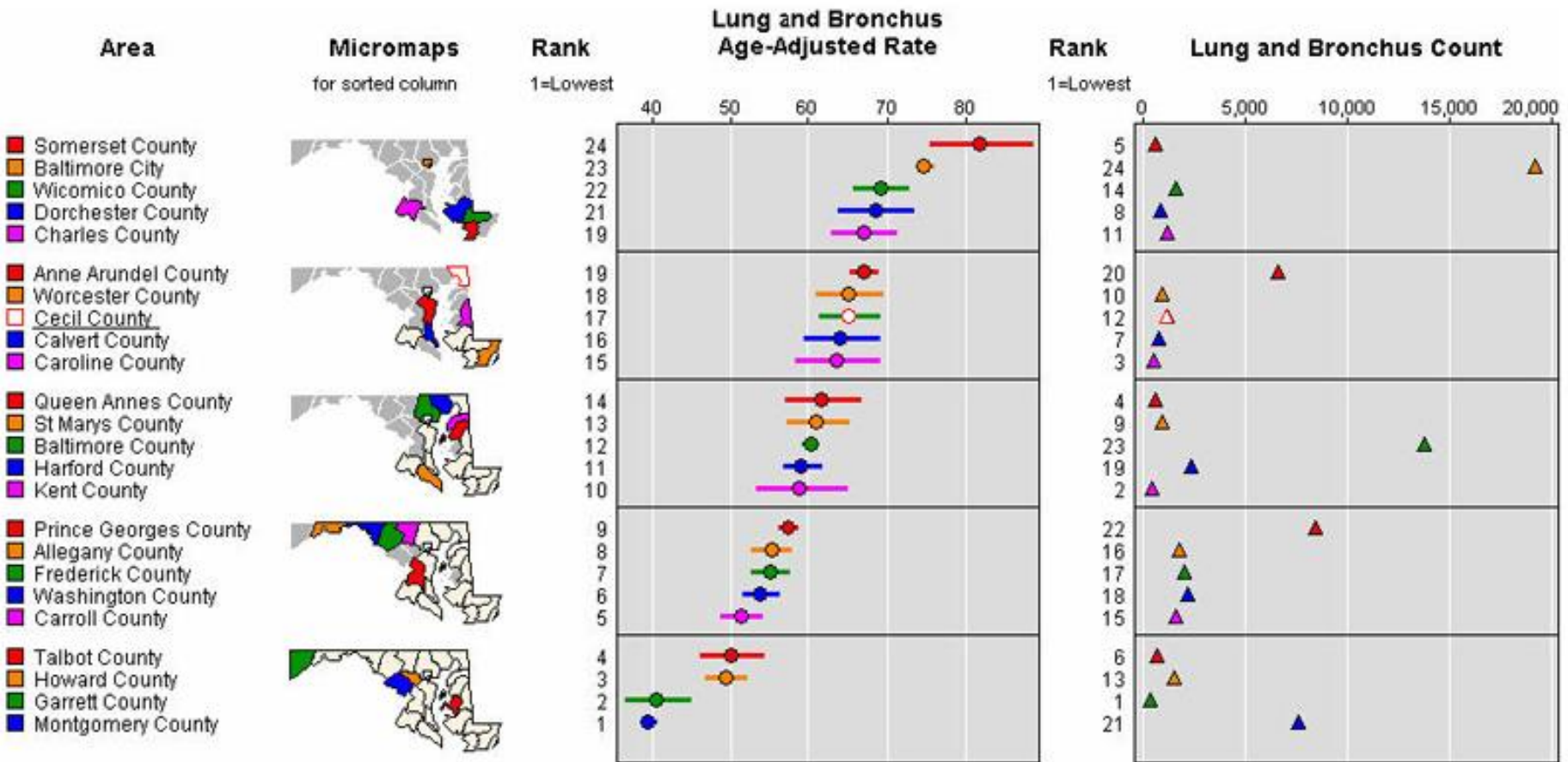
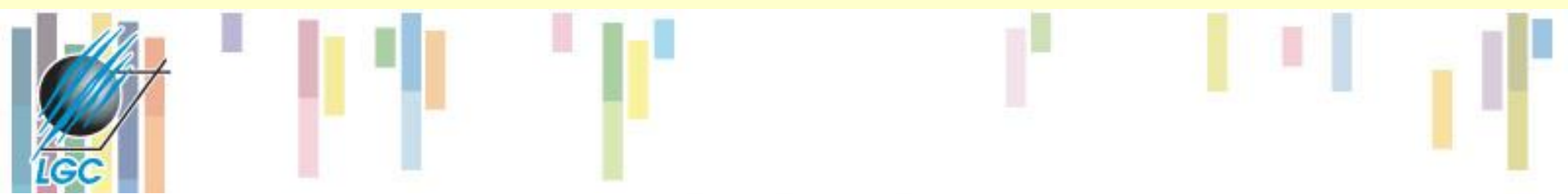
Kartografická explorace

- Je účinná a funkční **v prvotní fázi** výzkumného procesu.
- Datové sady jsou prohlíženy a zkoumány při **měnicích se** kartografických **podmínkách**.
- Cílem je rozpoznat **prostorové vzory** (patterns) a **trendy**, které jsou přítomny a případně ohodnotit jejich platnost.
- Snaží se podpořit vznik **nových myšlenek** a nápadů, hlavním cílem není prezentování závěrů.
- Poskytuje **dynamické zobrazení – linking and brushing**.
- Podporuje **experimentování** s různými kombinacemi dat a grafických symbolů.



Linked Micromaps

- Umožní pohled na více proměnných v jednom okamžiku a srovnání atributů napříč vymezenými jednotkami v prostoru a čase.
- Podporuje 6 typů vizualizace:
 - **Sloupcové grafy;**
 - **box plots;**
 - **Tabulky dat;**
 - **Bodové symboly;**
 - **Bodové symboly se šipkou (trendem);**
 - **Bodové symboly s intervalem spolehlivosti.**
- **<http://gis.cancer.gov/tools/micromaps/>**





Geoviz Toolkit

- **Frank Hardisty et al, Pen State university.**
- **Systematická analýza prostorových, časových a atributových pohledů na data.**
- **Dynamicky propojený a multivariační pohled na datové sady.**
- **Vývojové prostředí pro doplňování nástrojů.**
- **Možnost vstupu vlastních dat *.shp**
- **Omezené vysvětlení funkcionality.**



GeoViz Toolkit

<http://www.geovista.psu.edu/geoviztoolkit/>

The screenshot displays the GeoViz Toolkit interface with several active panels:

- StarPlot (Top Left):** A radial plot for Lancaster showing variables: $lcl_w = 167.0$, $PRIN1 = 2.0856$, $pop_w = 656291.0$, $PRIN2 = -1.8078$, and $aar_w = 177.0$.
- StarPlotMap (Top Middle):** A map of Lancaster with a star plot overlay, showing the same variable values as the StarPlot panel.
- MoranMap (Top Right):** A Moran's I map showing spatial autocorrelation for Lancaster, with $PRIN1_M = 5.74454931855329$.
- GeoMap (Bottom Left):** A regional map showing Lancaster highlighted in red.
- LinkGraph (Bottom Middle):** A network graph showing relationships between counties: Lancaster, York, Berks, Lehigh, Northampton, Northampton, Somerset, Cameron, and Northumbria.
- IndicationAnimator (Bottom Left):** A control panel for the IndicationAnimator with a 'Start' button and a 'Subspace?' checkbox.
- Drag Mode (Bottom Right):** A control panel with buttons for 'order', 'scale', 'translate', and 'brush'.
- Options (Bottom Right):** A control panel with checkboxes for 'show Numbers' and radio buttons for '0-max scale', 'min-max scale', 'min-max(abs) scale', and 'min-max variable'.
- Visual Classifier (Bottom Right):** A control panel for the visual classifier with a 'Raw Quantiles' dropdown and a 'PRIN1' dropdown.



GeoDa

- **GeoDa - Dr. Luc Anselin**
- Určen pro ESDA na vektorových datech.
- Grafické rozhraní pro popisnou geografickou analýzu, ale také prostorovou autokorelaci a prostorovou regresní analýzu.
- Stále ve vývoji – původně postaveno na MapObjects.
- Nyní **<https://spatial.uchicago.edu/geoda>**

GEODA: AN INTRODUCTION TO SPATIAL DATA ANALYSIS

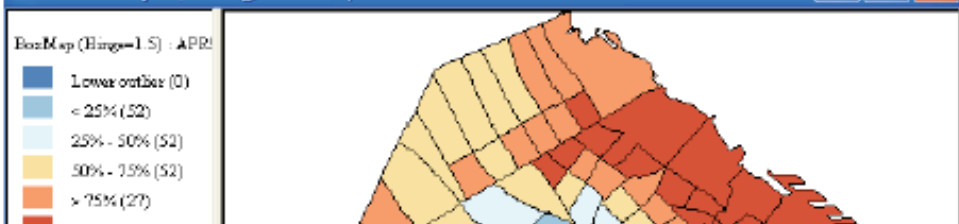
[Home](#) / [GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis](#)

Translating data into unexpected
insights

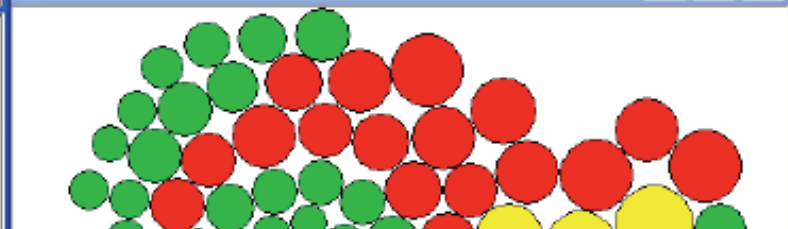
GeoDa is a user-friendly software program that has been



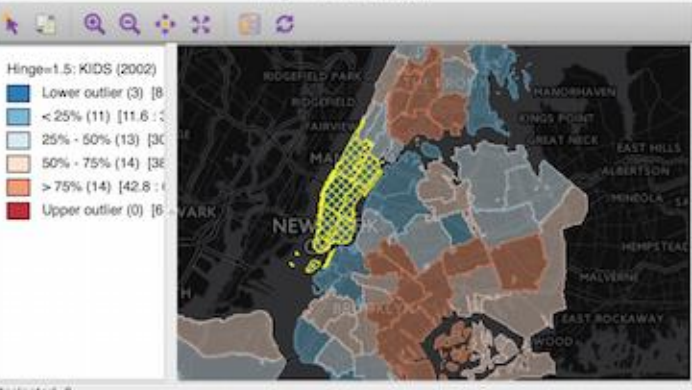
BoxMap (Hinge=1.5) : APR99PC



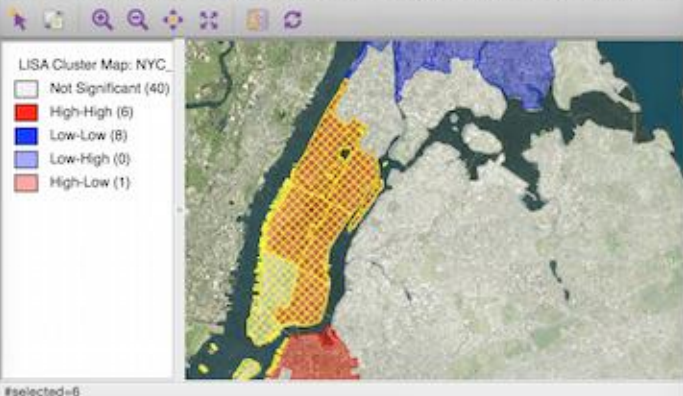
Cartogram (1.5): APR99PC



Hinge=1.5: KIDS (2002)



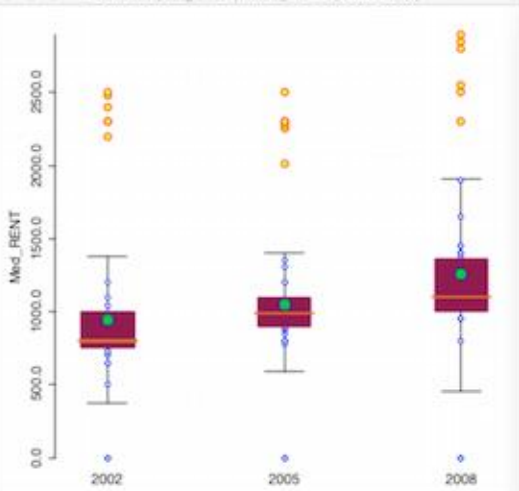
LISA Cluster Map: NYC_Sub_borough_Area2_KNN4, I_Med_RENT (2002) (999 perm)



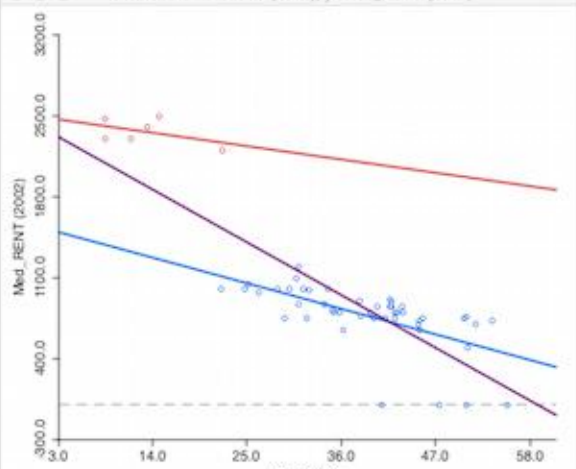
Parallel Coordinate Plot: KIDS (2008), ..., PUBAST00



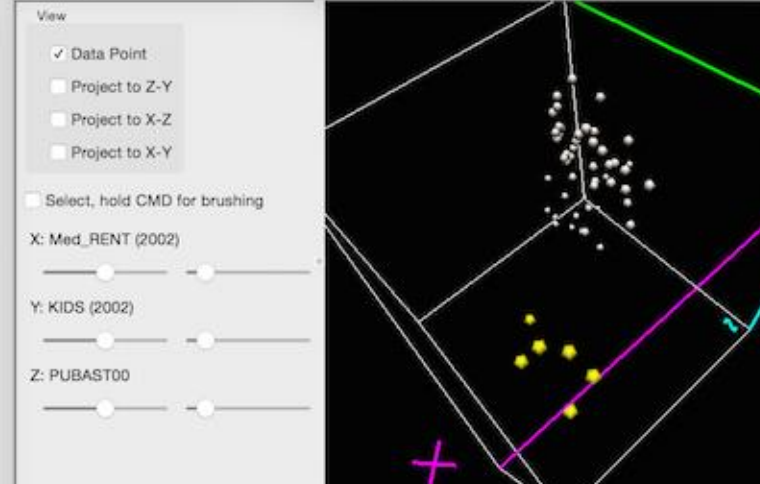
Box Plot (Hinge=1.5): Med_RENT (2002-2008)



Scatter Plot - x: KIDS (2002), y: Med_RENT (2002)



3D Plot





Příklady exploračních kartografických nástrojů (funkcí a metod)

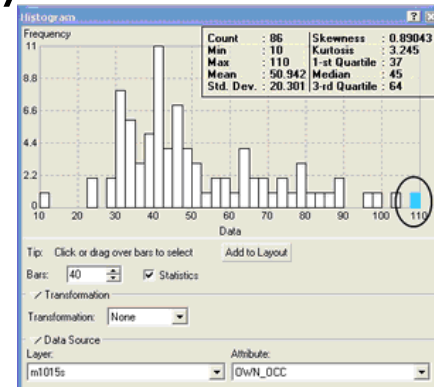


Kartografická explorace

- Je účinná a funkční **v prvotní fázi** výzkumného procesu.
- Datové sady jsou prohlíženy a zkoumány při **měnících se** kartografických **podmínkách**.
- Cílem je rozpoznat **prostorové vzory** (patterns) a **trendy**, které jsou přítomny a případně ohodnotit jejich platnost.
- Snaží se podpořit vznik **nových myšlenek** a nápadů, hlavním cílem není prezentování závěrů.
- Poskytuje **dynamické zobrazení**.
- Podporuje **experimentování** s různými kombinacemi dat a grafických symbolů.

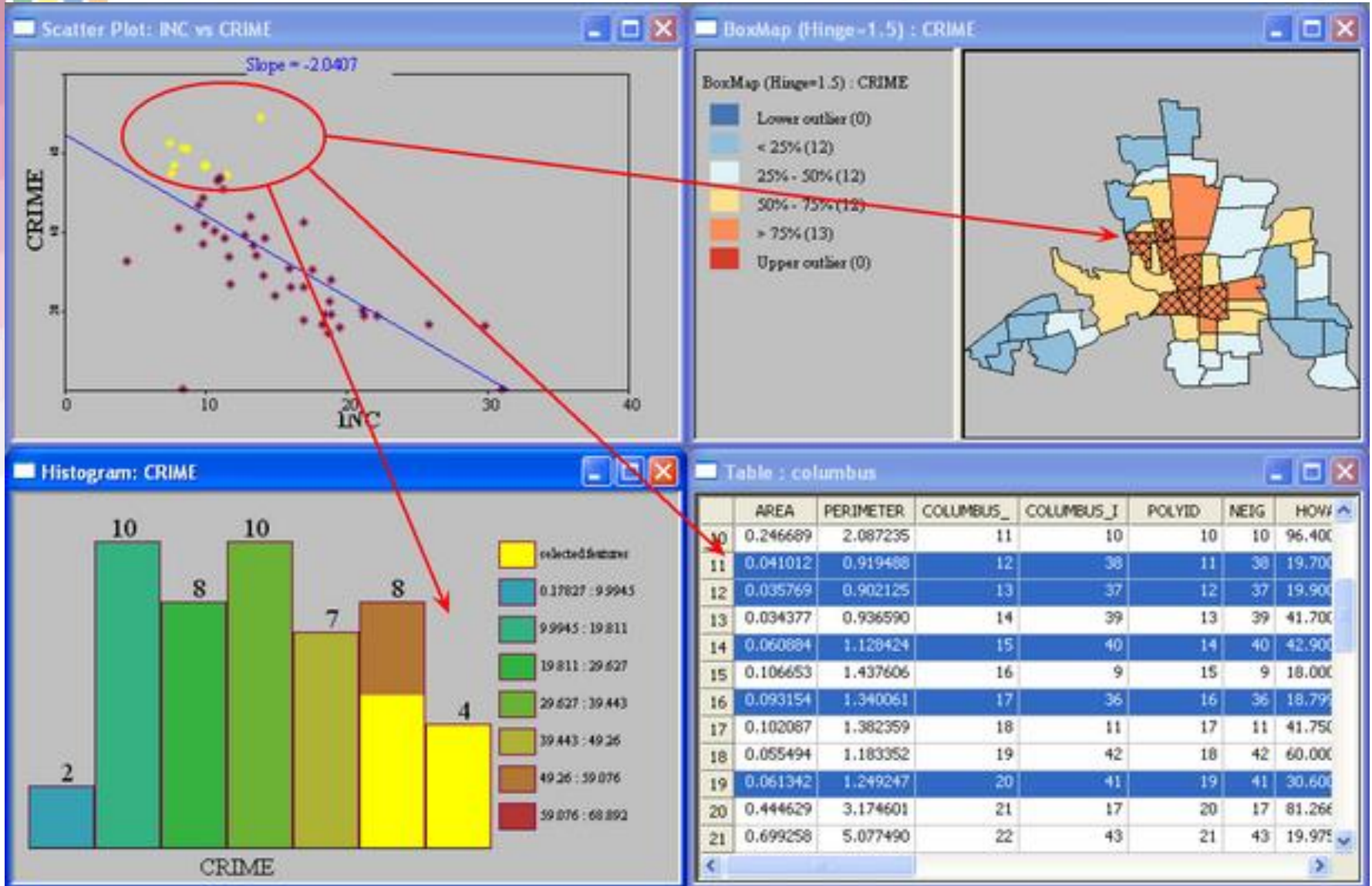
Základy explorační analýzy dat

- Základní forma explorační datové analýzy zahrnuje výpočet základních statistických ukazatelů jednotlivých datových atributů.
- Grafické znázornění/vizualizace výsledků využívá především formu:
 - Histogram
 - Pie charts,
 - box plots
 - parallel coordinate plot
- Neposkytují explicitně prostorový pohled na dat, avšak lze je propojit s mapovým výstupem/vizualizací a vytvořit nový nástroj pro vstupní exploraci.
- Brushing and linking





Linking a brushing

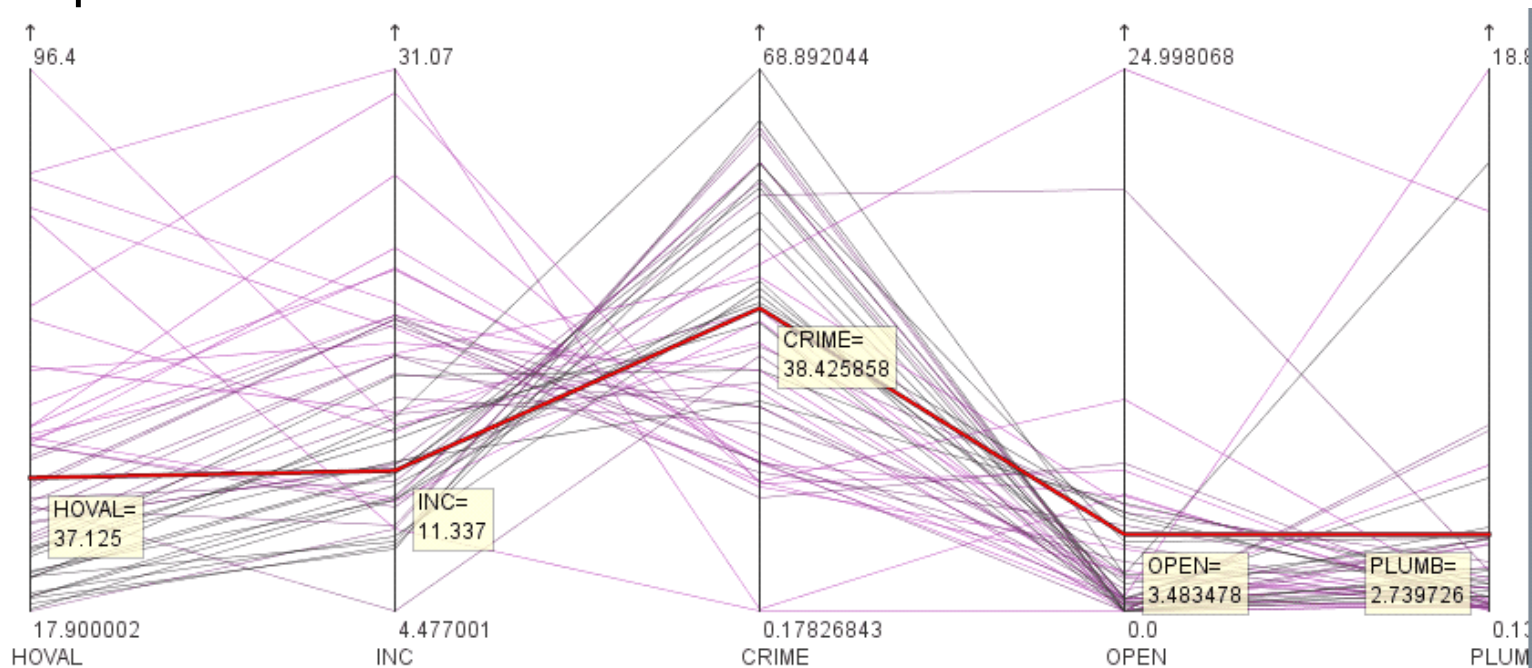




Parallel coordinate plot (PCP)

Rovnoběžné souřadnice

- Zaměřen na exploraci vícerozměrných datových sad.
- Každá proměnná má vlastní osu s [min, max] vertikálním rozsahem a spojitou linií vyjadřující průběh změn proměnných v jednotlivých prostorových jednotkách.
- Lze vybrat jednotlivé „podpisy“ jednotek podle volby uživatele a zvýraznit jejich hodnoty a případně umístění v mapě.





Star plot

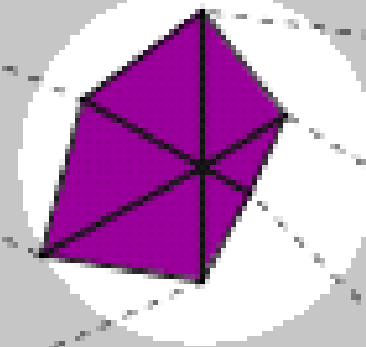
Paprskový graf/hvězdicový či pavučinový graf

- Každá proměnná je vynesena na jednu osu,
- Počet os je roven počtu proměnných, délka osy je proporčně upravena podle rozsahu proměnných, případně přizpůsobena dle pravidel normalizace.
- Každá mapovaná oblast má individuální tvar grafu a lze je použít ve formě kartodiagramu.

PLUMB = 13.849287

OPEN = 24.998068

CRIME = 43.962486



NEIG = 42.0

HOVAL = 60.0

INC = 13.185

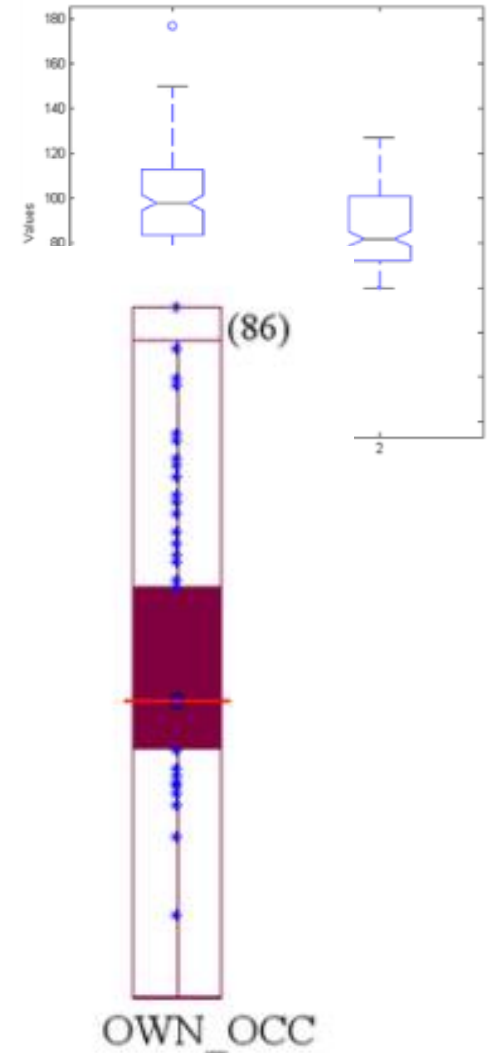
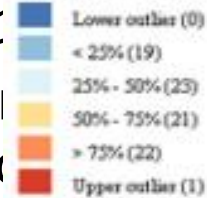
17



Box plot Krabicový graf/diagram

- Představuje jeden ze základních grafů – jak je konstruován?
- Horní a spodní hranice „krabice/box“ – 25 a 75 percentil vzorku. Vzdálenost mezi nimi - inter-quartile range (IQR)
- Linie u umístr soubor
- Vodore zbytku přítom
- Odlehl
- Outlier krabic
- Symbc jinak t hodno
- Zdroje

BoxMap (Hinge=1.5) : OWN_OCC

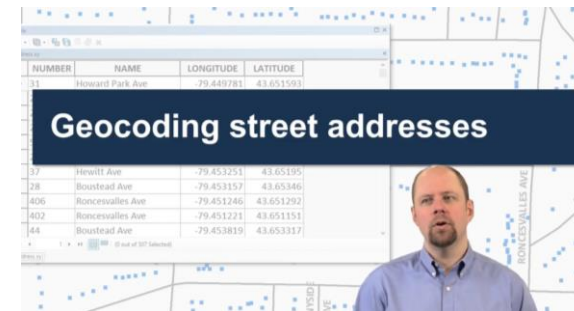


Úkol na příště

- Podívejte se na video a zkuste zodpovědět dotazy

<https://www.youtube.com/watch?v=vj4aEcoyDGY>

- Co to je geokódování?
- Vstupy (data) metoda používá?
- Existují varianty?
- Srovnejte prezentaci se situací (daty) v Česku...



NUMBER	NAME	LONGITUDE	LATITUDE
31	Howard Park Ave	-79.449781	43.651503
27	Hewitt Ave	-79.453251	43.65130
28	Boustead Ave	-79.453157	43.65346
406	Roncesvalles Ave	-79.451246	43.651292
402	Roncesvalles Ave	-79.451221	43.651151
64	Boustead Ave	-79.453819	43.653317

Geocoding street addresses

