



# GIS4SG

## I – Základní stavební kameny prostorové analýzy podzim 2019

**Petr Kubíček a Václav Paleček**

**kubicek@geogr.muni.cz**

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



# Prerekvizity – na co navazujeme?

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



**Základní teoretické okruhy + cvičení v ArcGIS.  
Struktura 2/1 – hodina bude zahrnovat  
přednášku a diskusi 1-2 článků vztahujících se  
k tématu.**

- 1. Úvod do geoinformační problematiky v sociální geografii**
- 2. Vizualizace časoprostorových dat.**
- 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.**



# Organizace a ukončení

- **Zkouška – ústní zkouška.**
- **Cvičení tvoří nedílnou část známky z předmětu.**
- **Cvičení – viz podmínky Mgr. Václav Paleček**
- **Projektová práce v týmu v rámci cvičení, závěrečný poster, využití „peer review“.**



# Jaká je budoucnost GIS?

[https://youtu.be/IY2\\_3th-Axk](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

# Základní operace

- Geometrické, dotazovací a vzdáleností 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

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

Method	Description
<b>Spatial relations</b>	
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, <a href="#">Boundaries and zone membership</a> )
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 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:

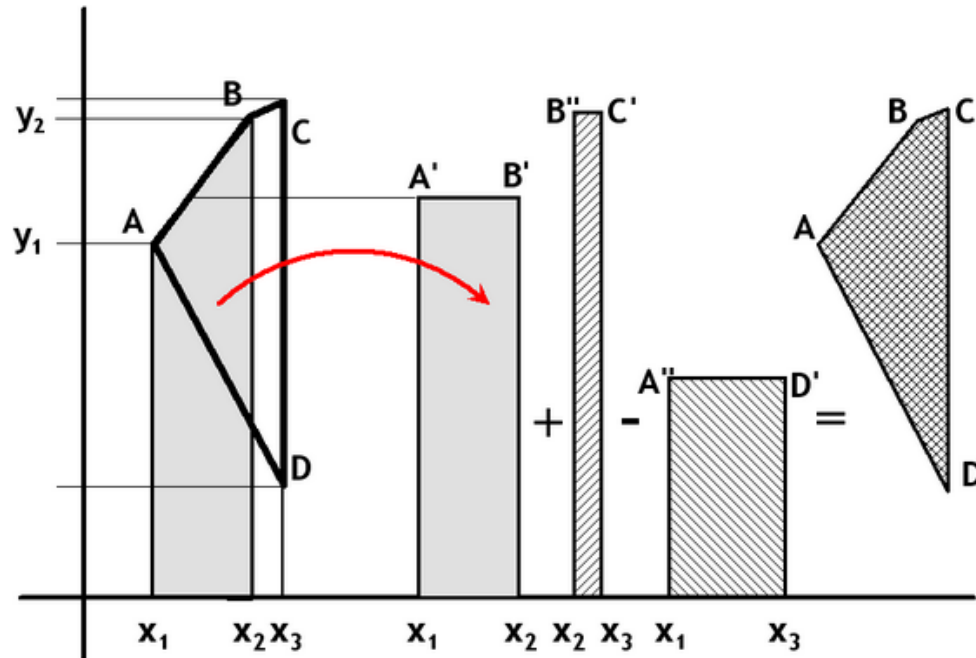
- **Vnitřní** – součást atributové tabulky pro všechny geometrické prvky.
- **Vnější** – je nutné vypočítat a doplnit pro všechny prvky (součást SW nebo výpočetní vzorec).
- Pokud je třeba provádět s geometrickými vlastnostmi nějaké další operace (seřadit podle plochy, plocha x obvod), je vhodné si **explicitně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

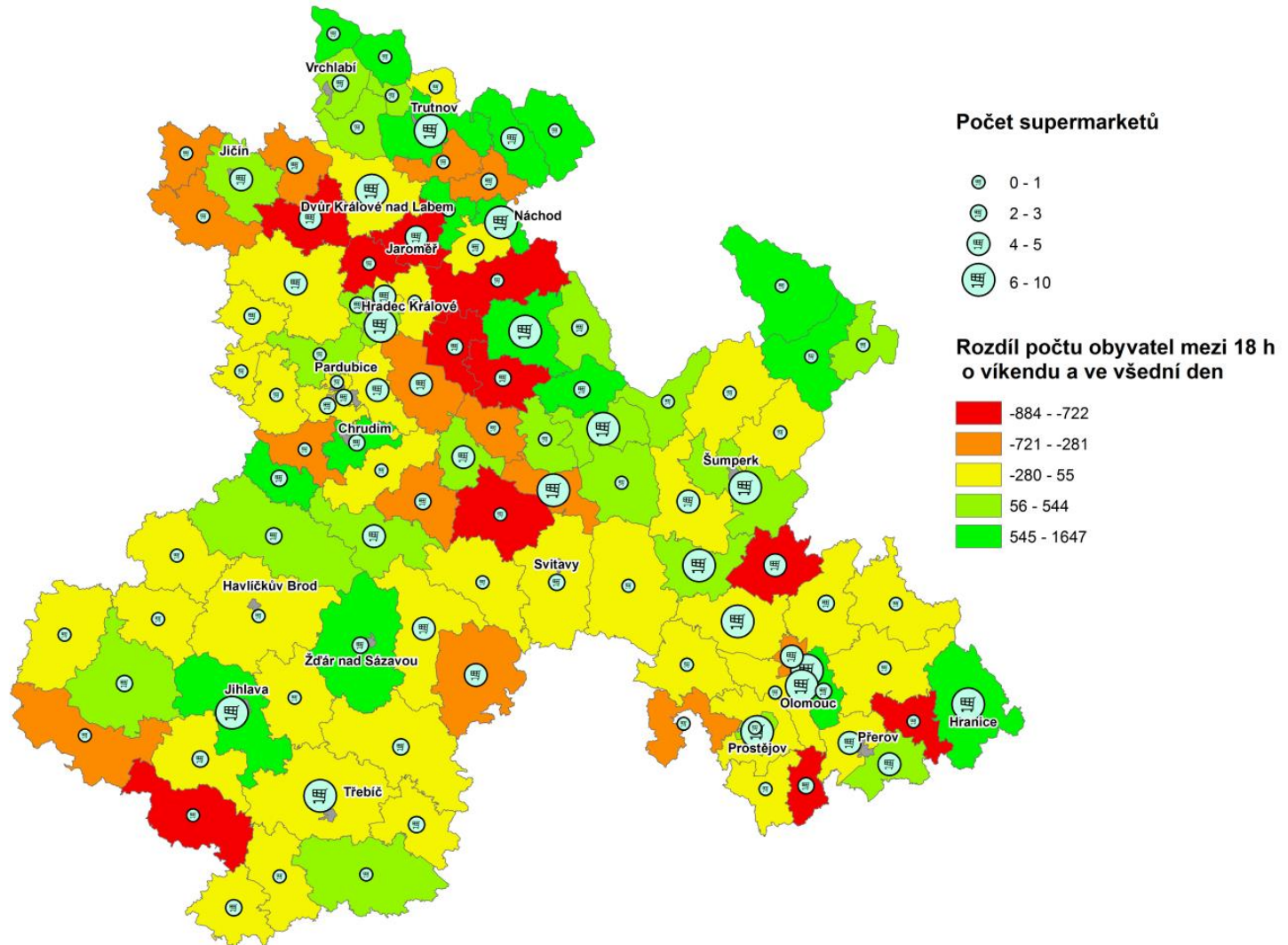
- **Dáno velikostí buňky a počtem řádků a sloupců.**
- **Plocha** = počet buněk; vymezení celistvé plochy (otvory, homogenity, celistvost hranic)
- **Vzdálenost** – dle typu povoleného pohybu – Manhattan, diagonální pohyb.

	■	
■	■	■
	■	

■		■
	■	
■		■

1.41	1	1.41
1	0	1
1.41	1	1.41

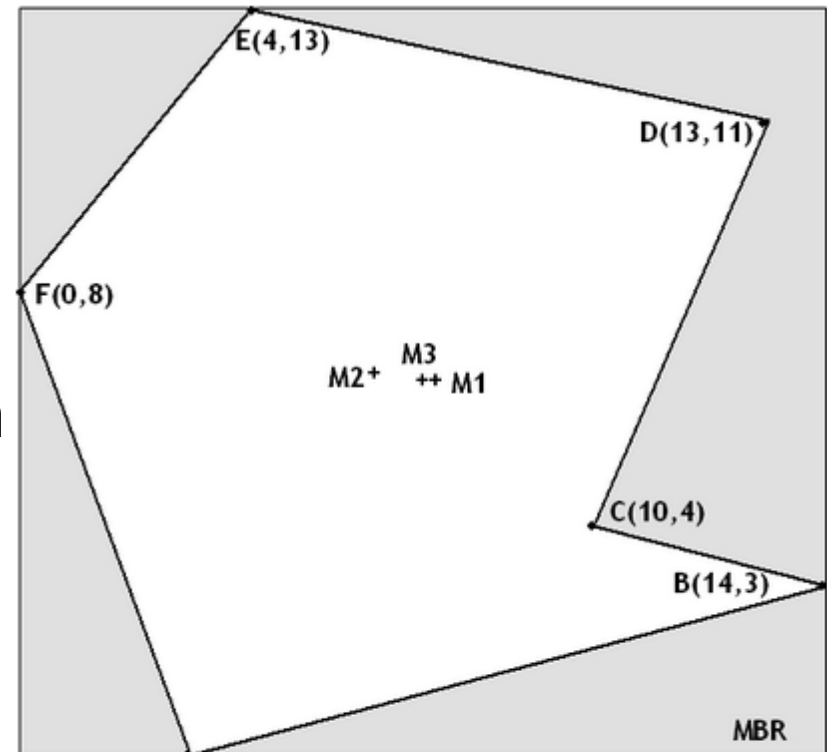
# Jak jsou reprezentovány atributové složky plochy?





# 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)

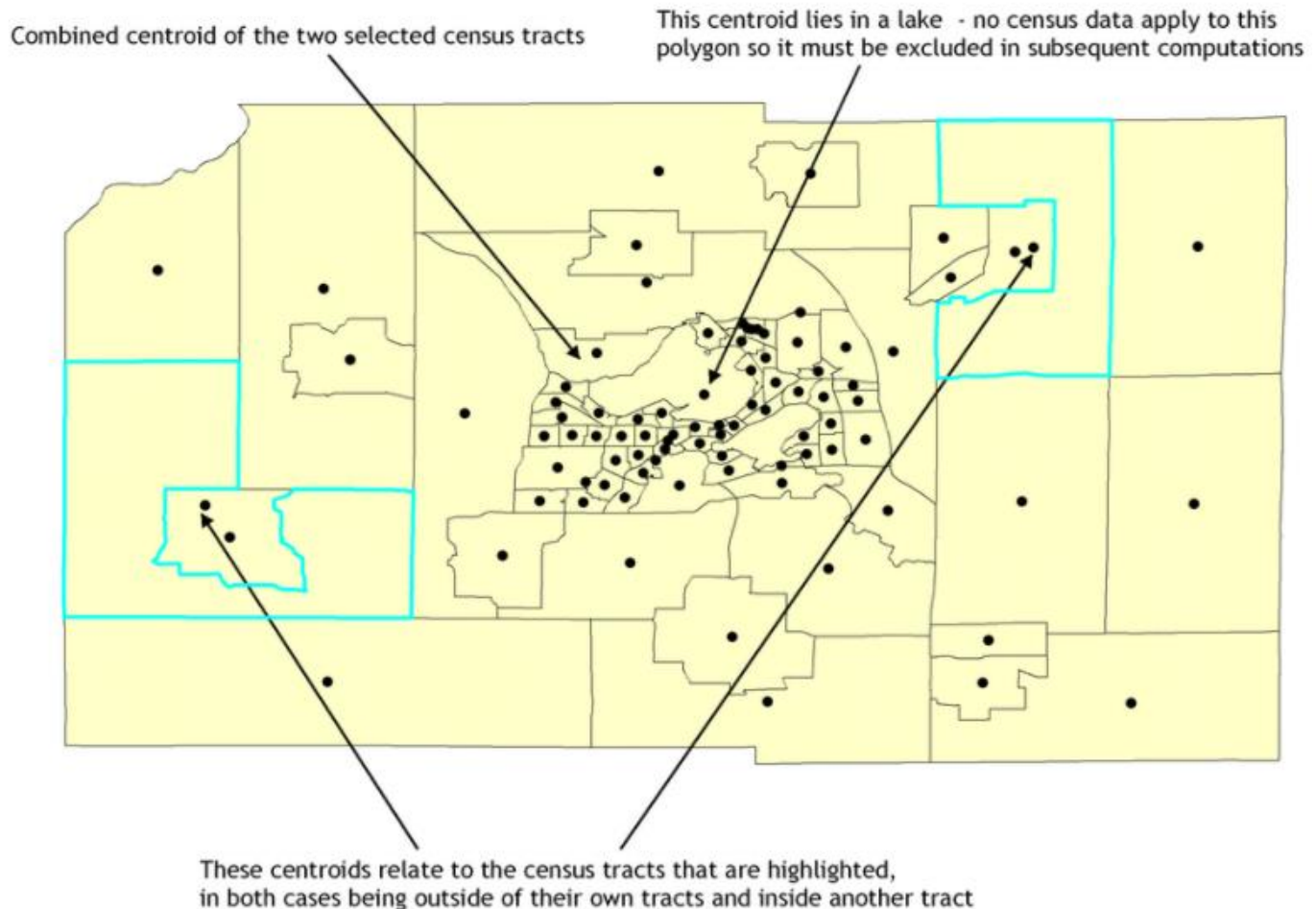
Centre of gravity: M2=(6.33,6.72)

MBR centre: M3=(7.00,6.50)



# Potenciální problémy

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

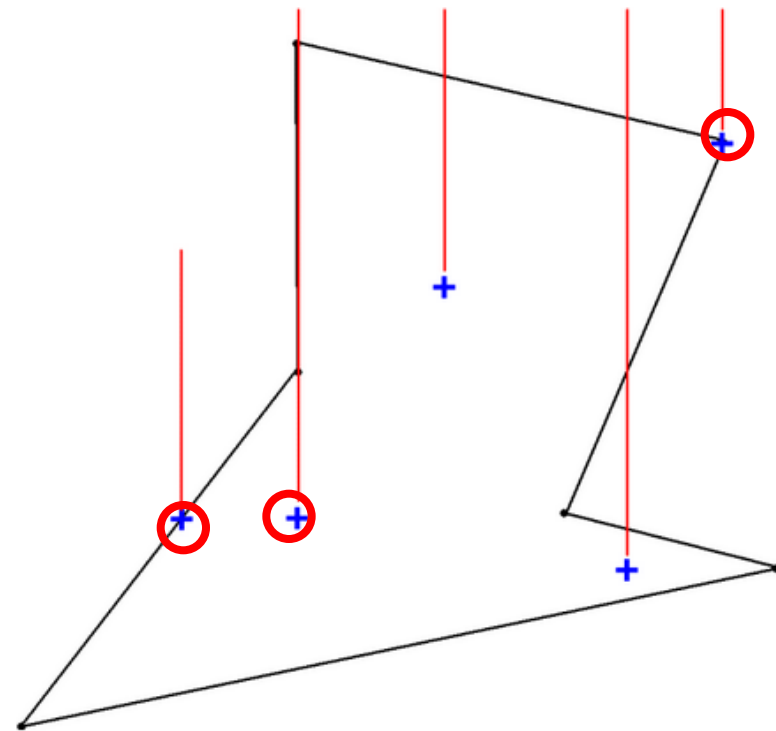






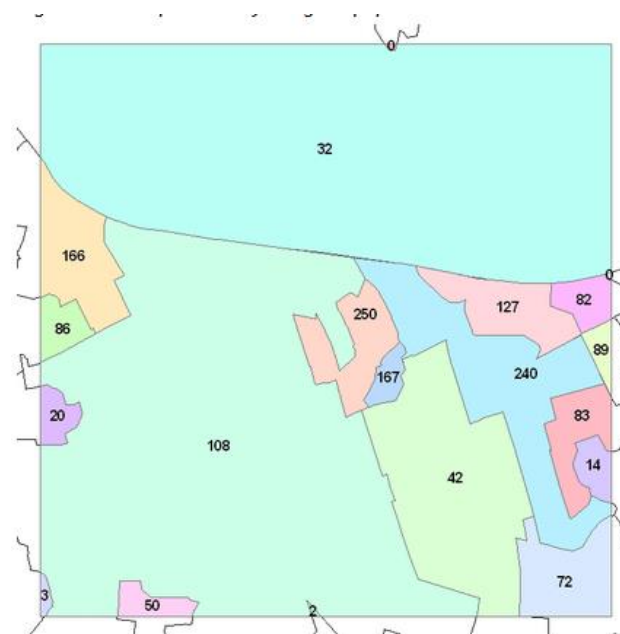
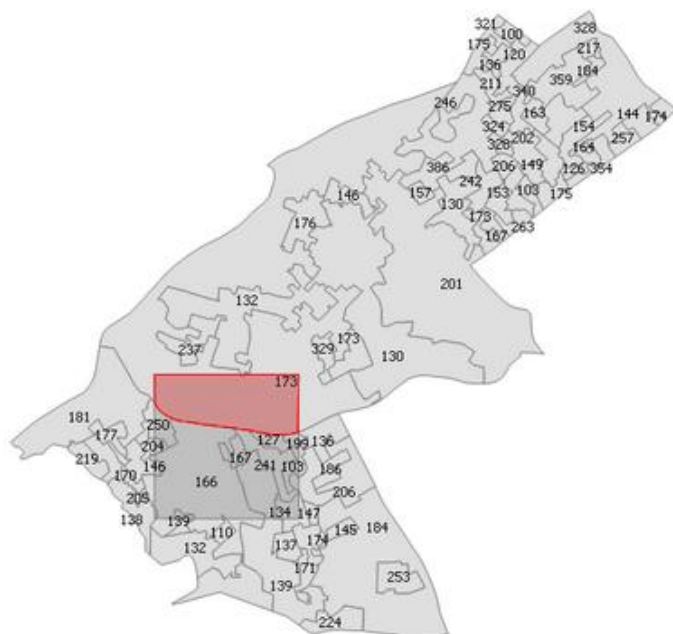
# Bod (linie, polygon) v polygonu

- 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 ○



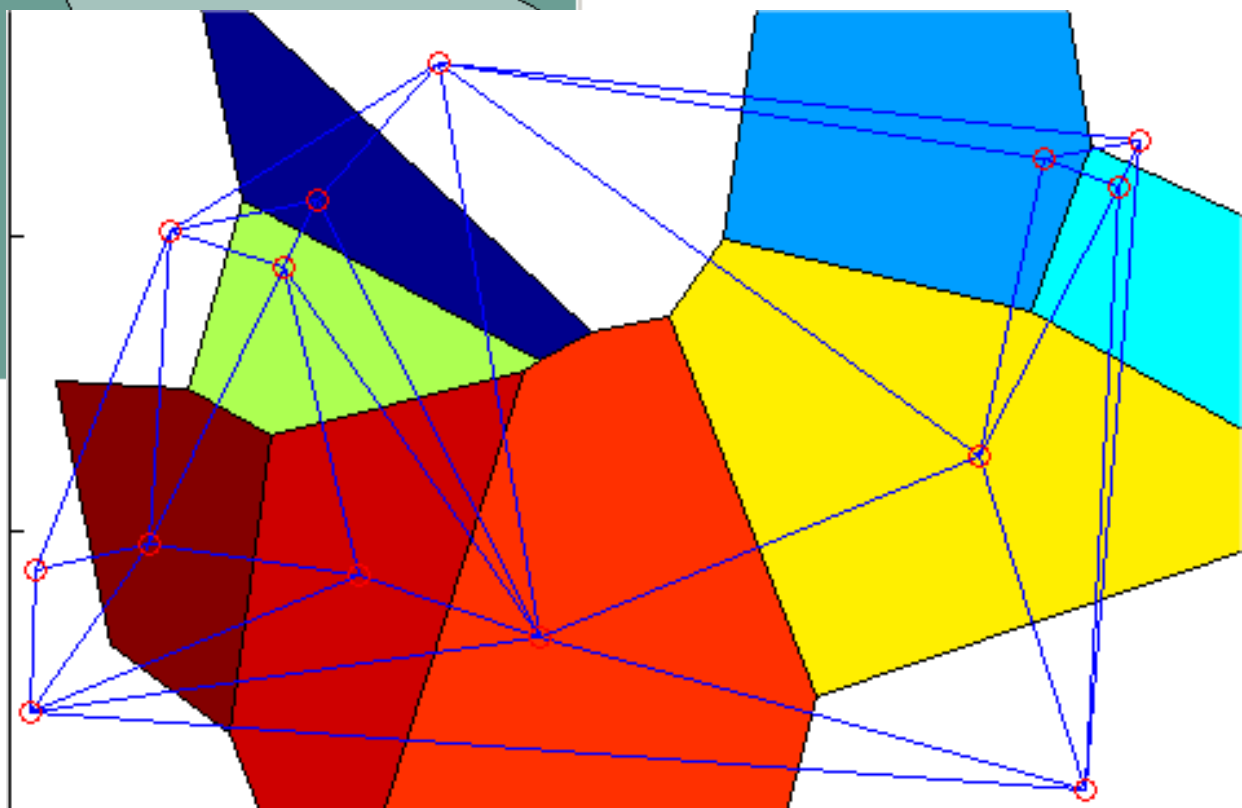
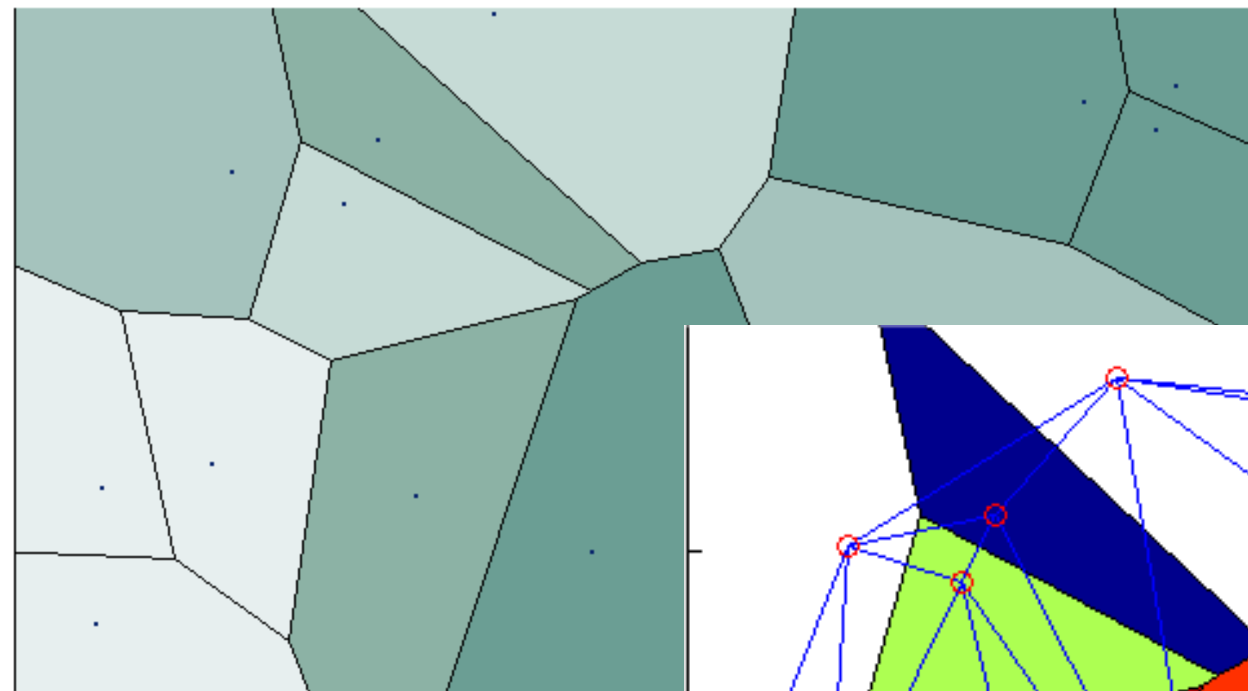
# Interpolace polygonu

- 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

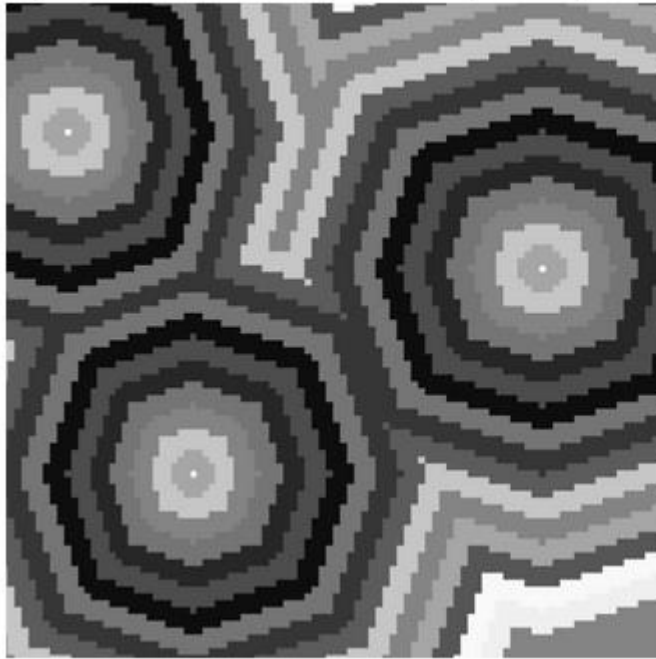


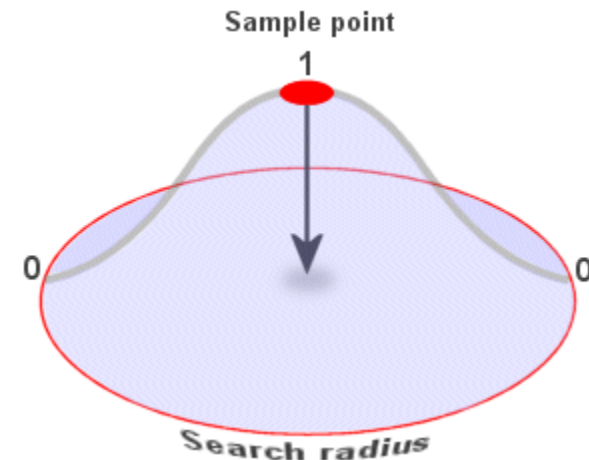
Figure 4-35 Network-based Voronoi regions – Shibuya district, Tokyo

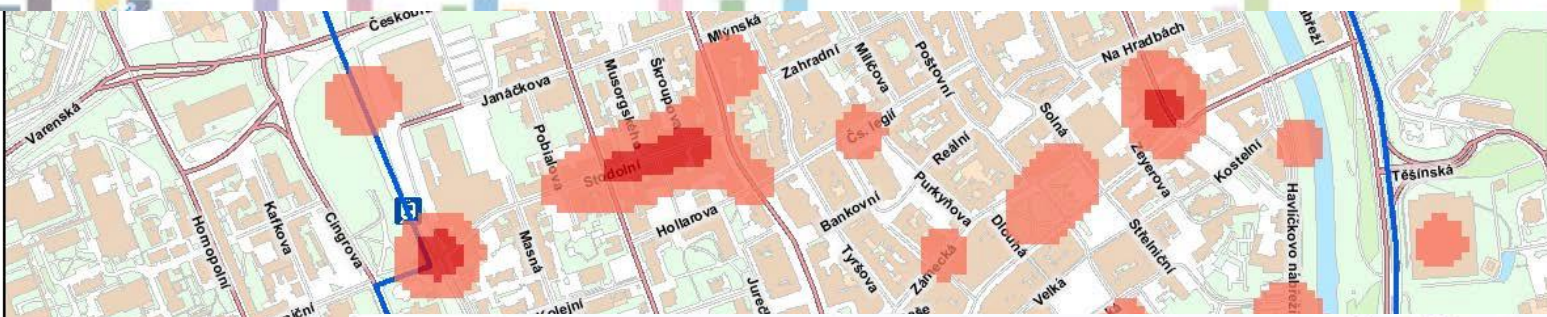




# Hustota a metody jádrového vyhlazení – kernel density

- **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.

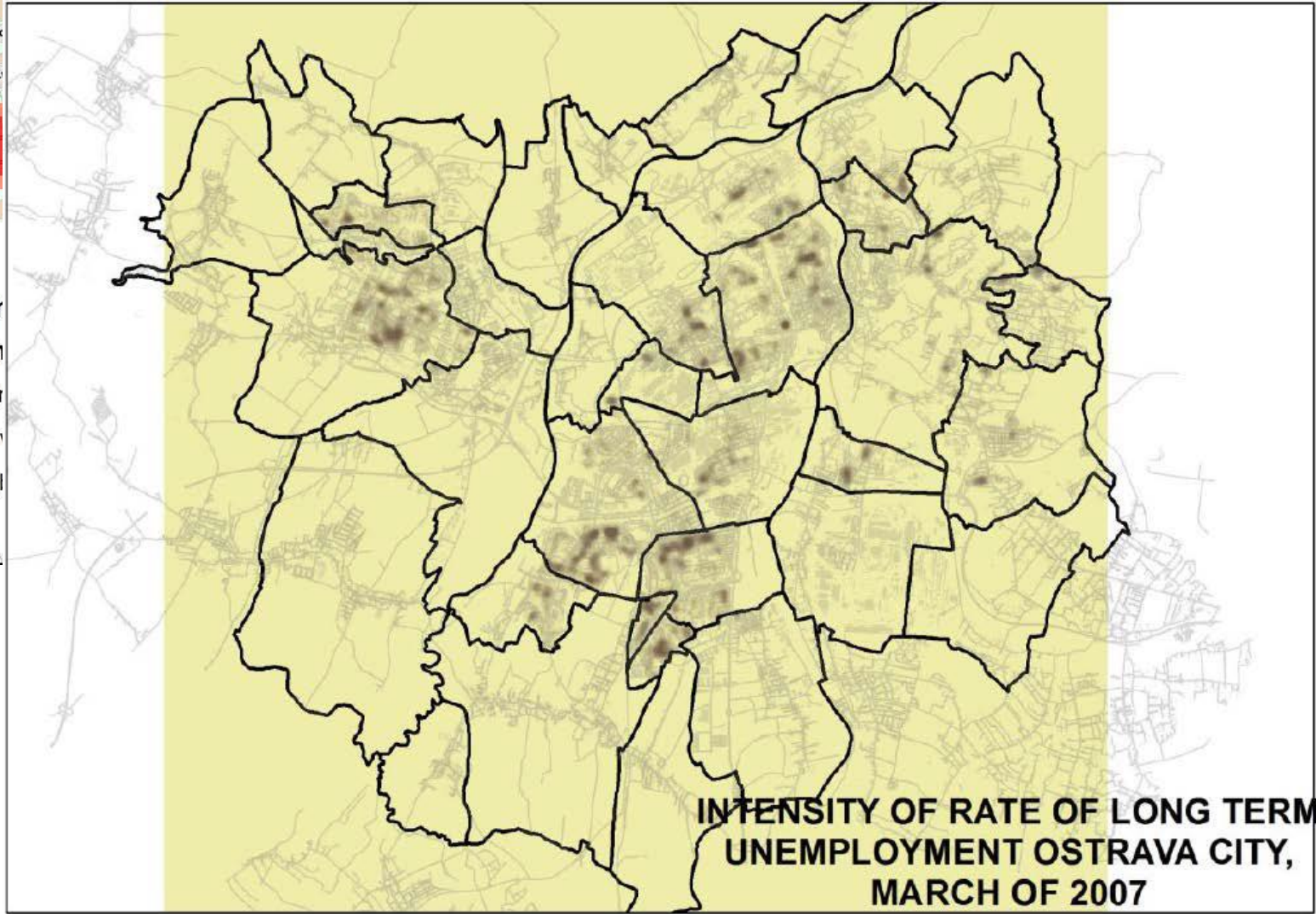




**Legenda**

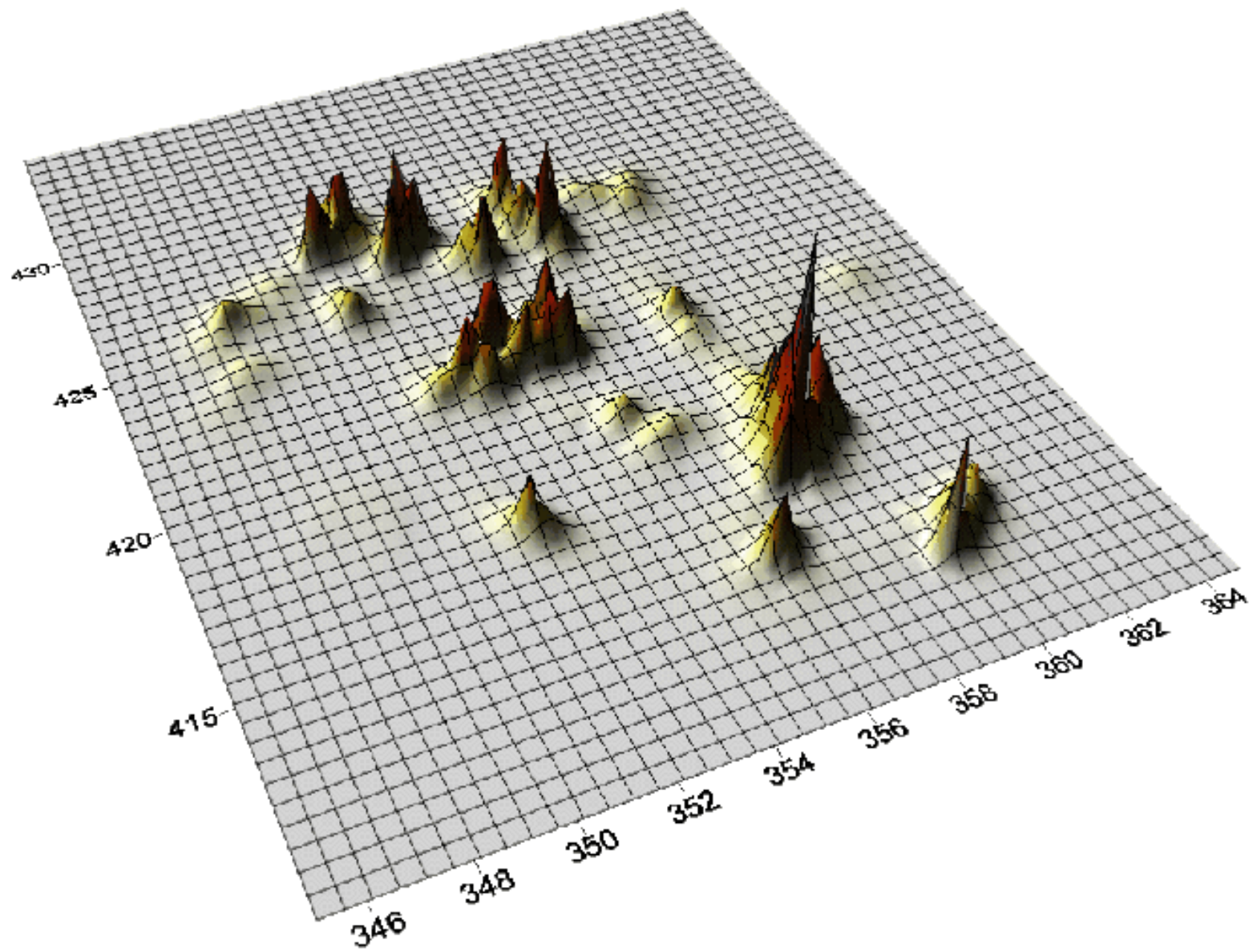
**Metóda: Kernel Density  
bunka 10 m, vzdialen**

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



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

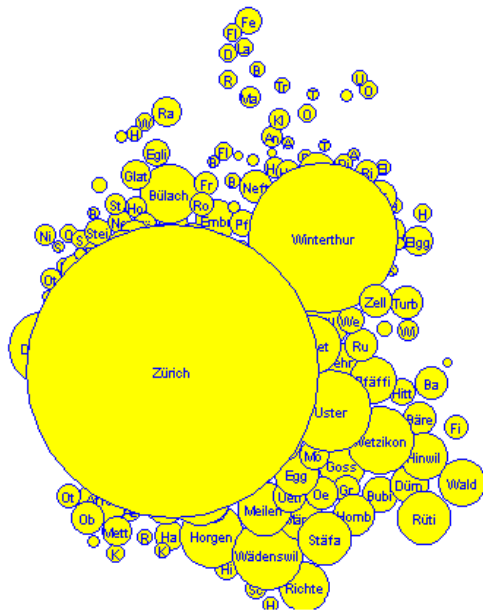
Figure 4-46 Kernel density map, Lung Case data, 3D visualization



# 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

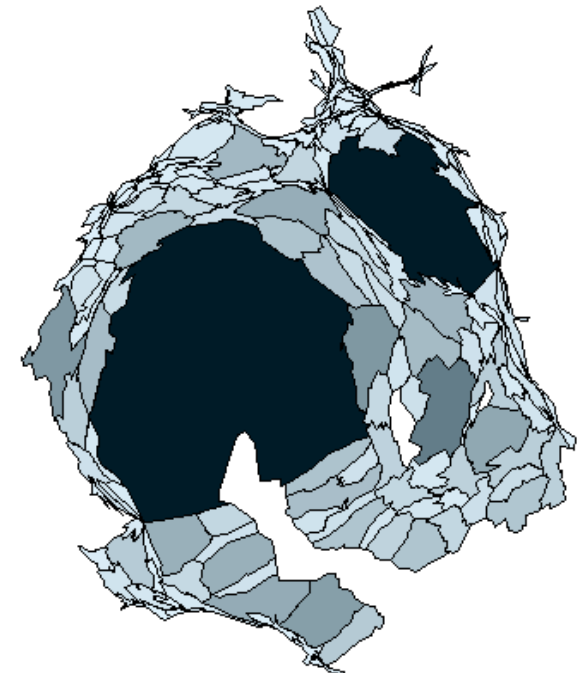
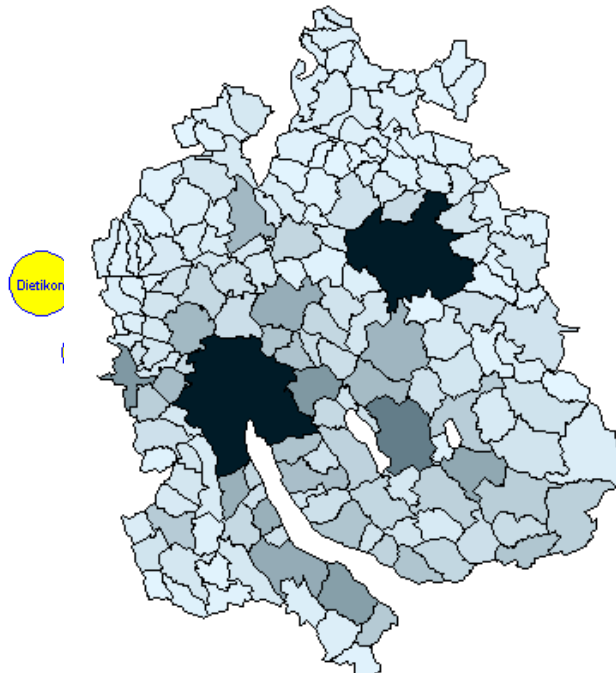
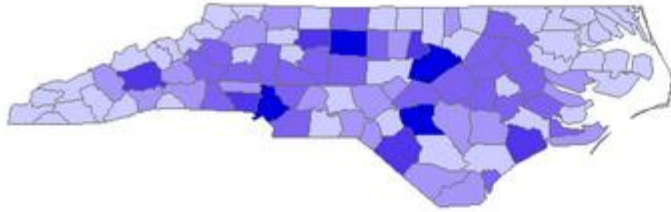
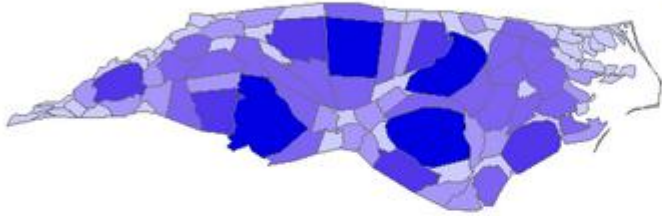


Figure 4-51 Cartograms of births data, 1974

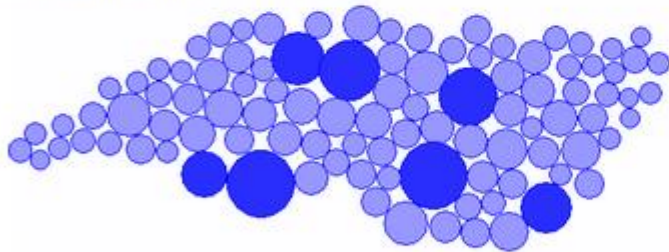
A. Source data



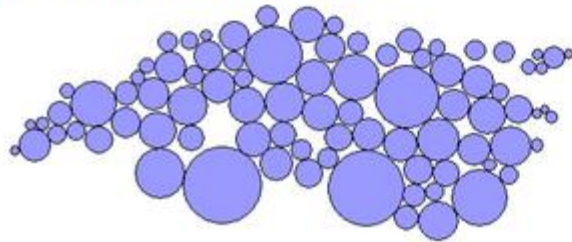
B. Glastner-Newman diffusion algorithm (ArcGIS 9 Cartogram Geoprocessing tool)



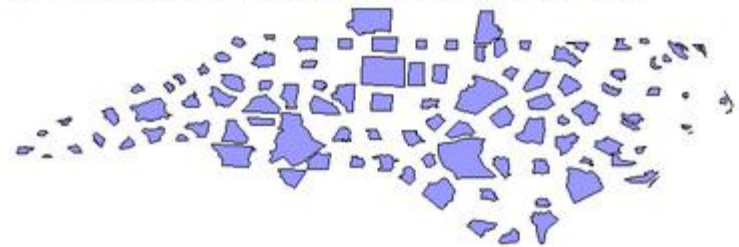
C. GeoDa's Dorling cartogram



D. MapViewer's Dorling cartogram



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



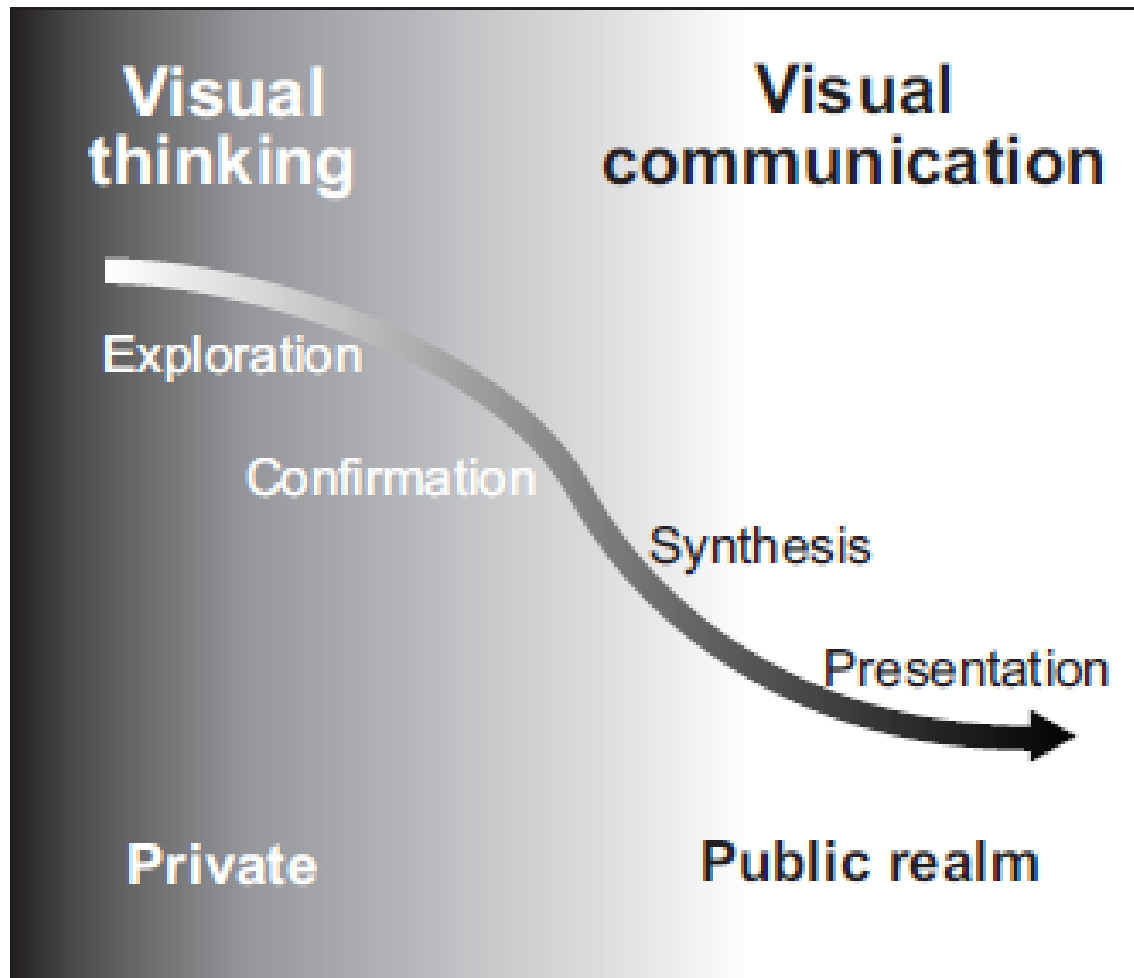


# UŽITÍ MAPY – MAP USE A EXPLORACE DAT

- **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

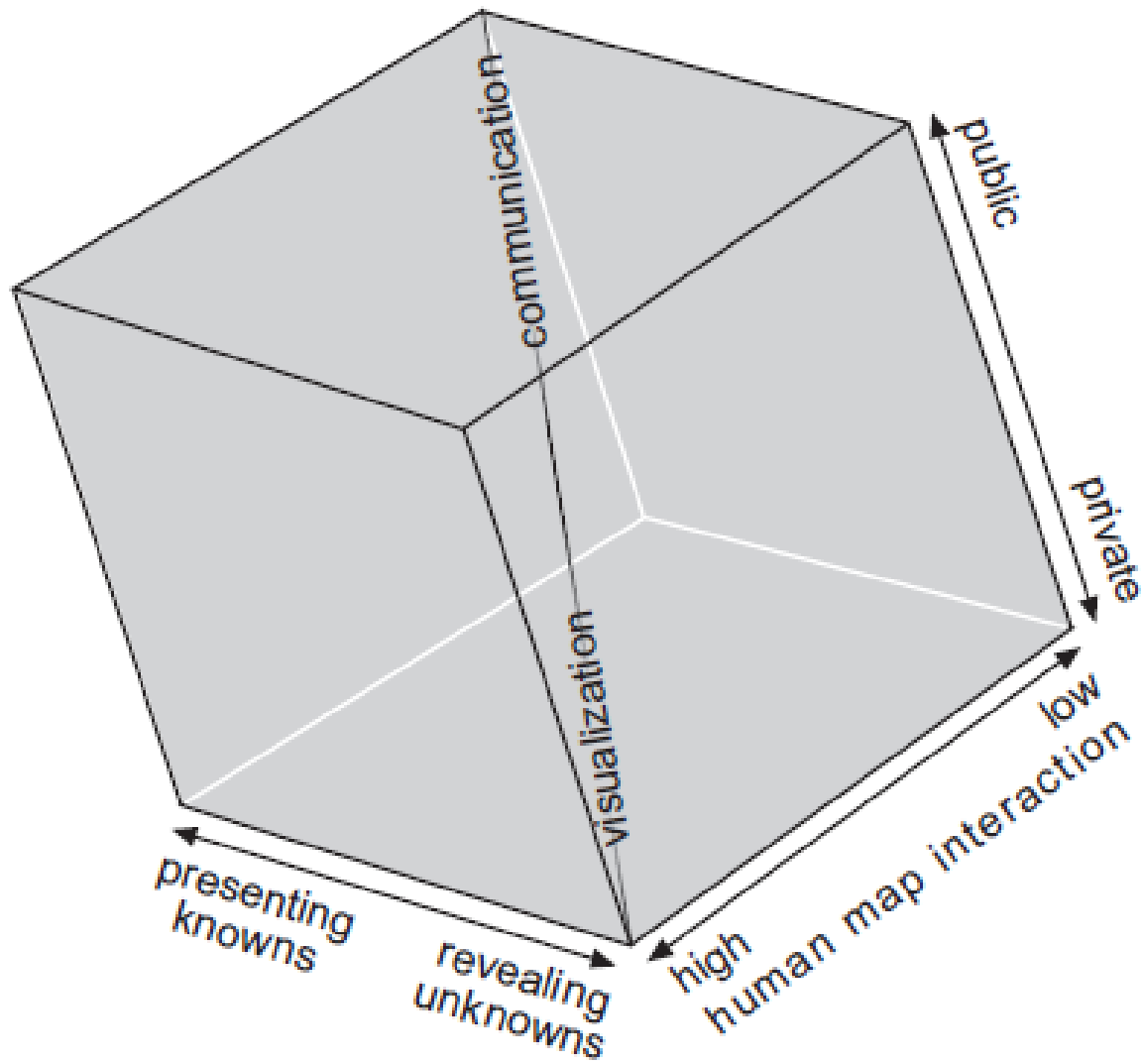


The GIS4SG maps and other graphics as tools in a geographic research sequence (after DiBiase, 1990)



# „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)



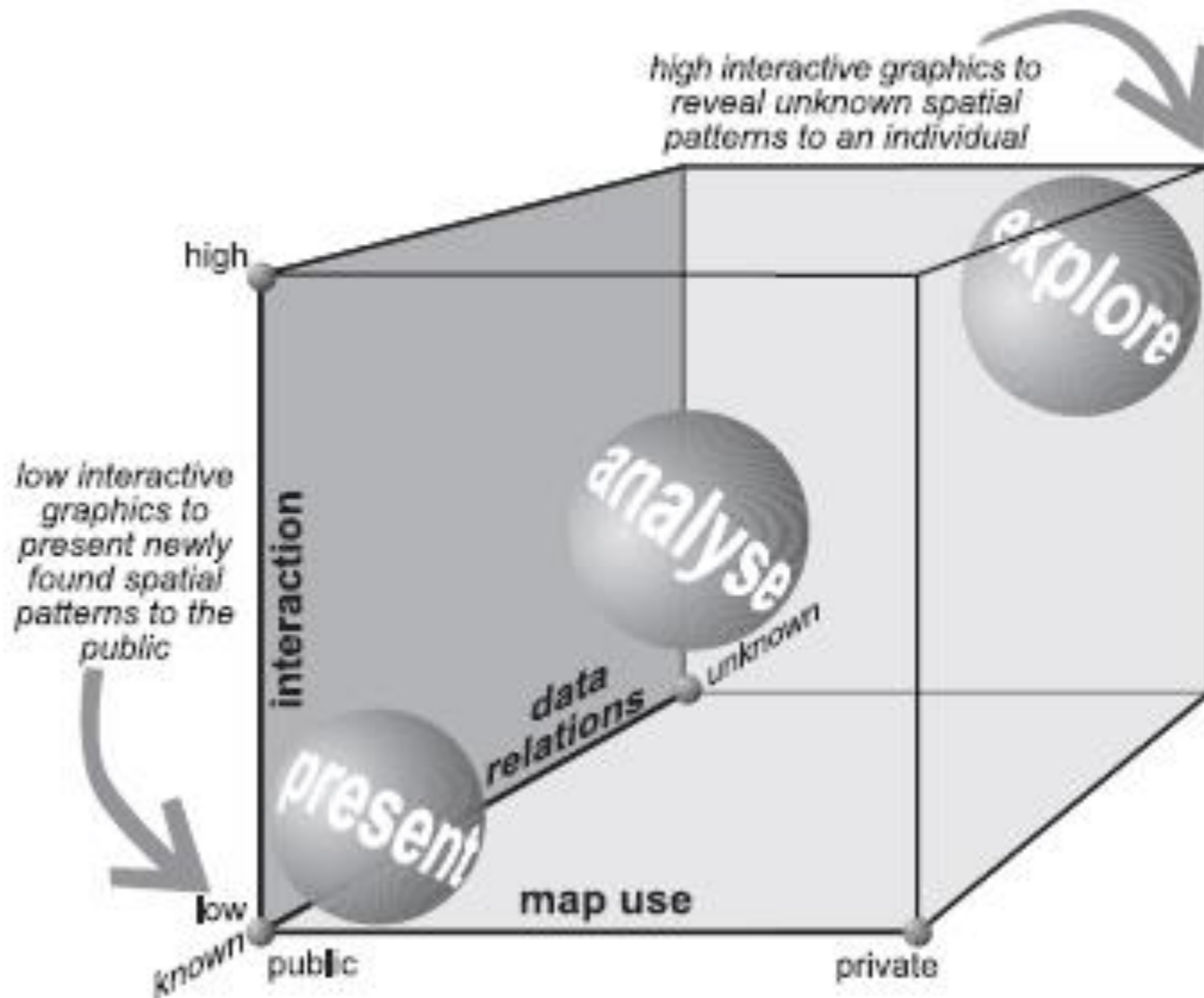
# Kraak a Ormeling (1996) širší pojetí v prostředí GIS

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



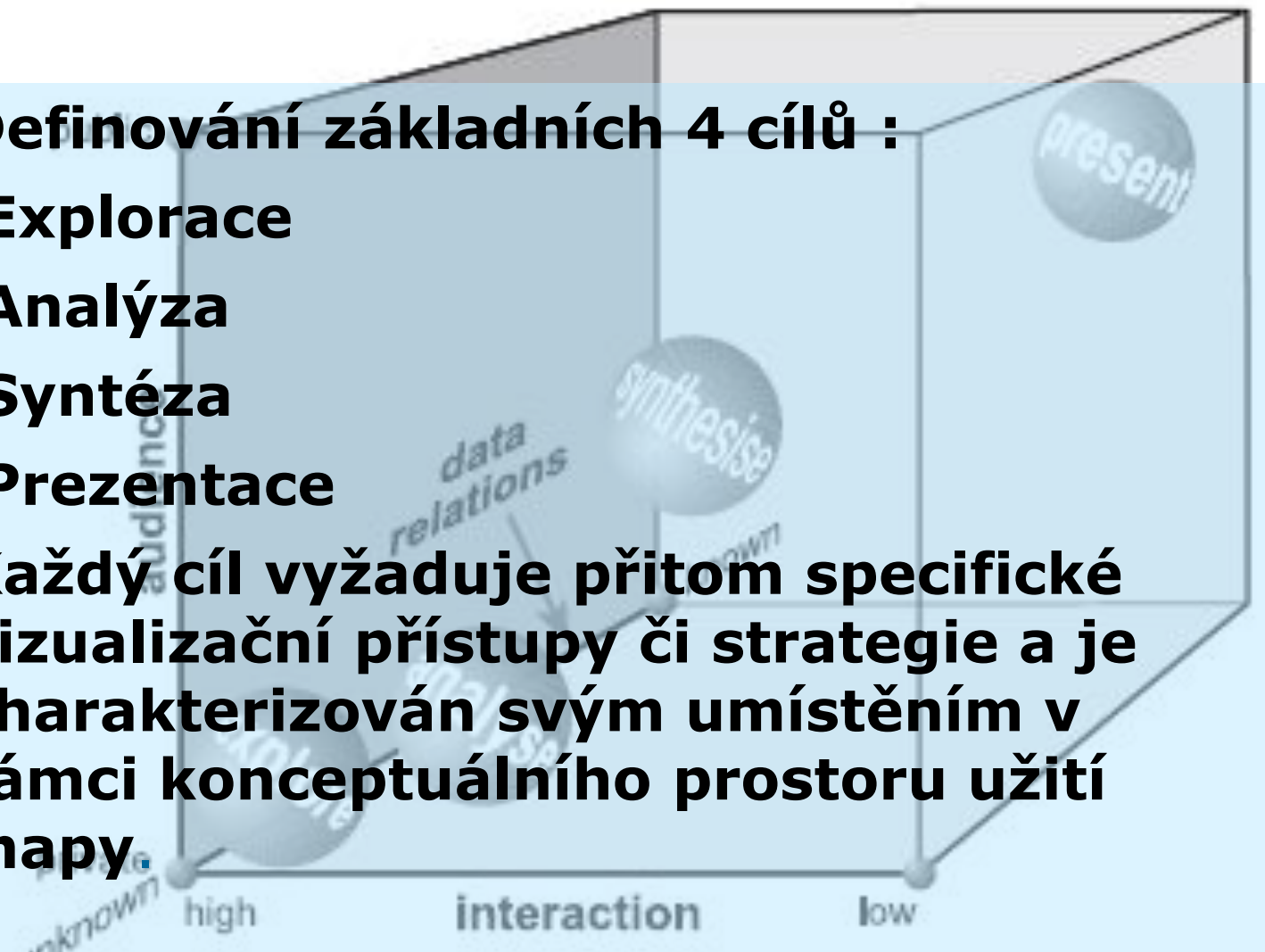


# Kartografická explorace – nová agenda (Kraak a MacEachren 1997)

**Definování základních 4 cílů :**

- **Explorace**
- **Analýza**
- **Syntéza**
- **Prezentace**

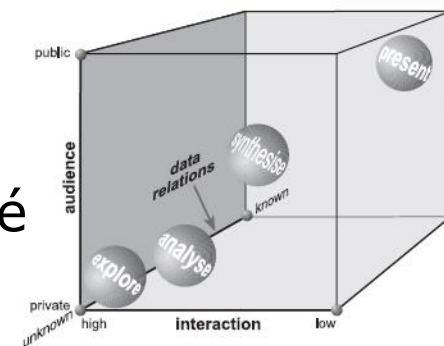
**Každý cíl vyžaduje přitom specifické vizualizační přístupy či strategie a je charakterizován svým umístěním v rámci konceptuálního prostoru užití mapy.**

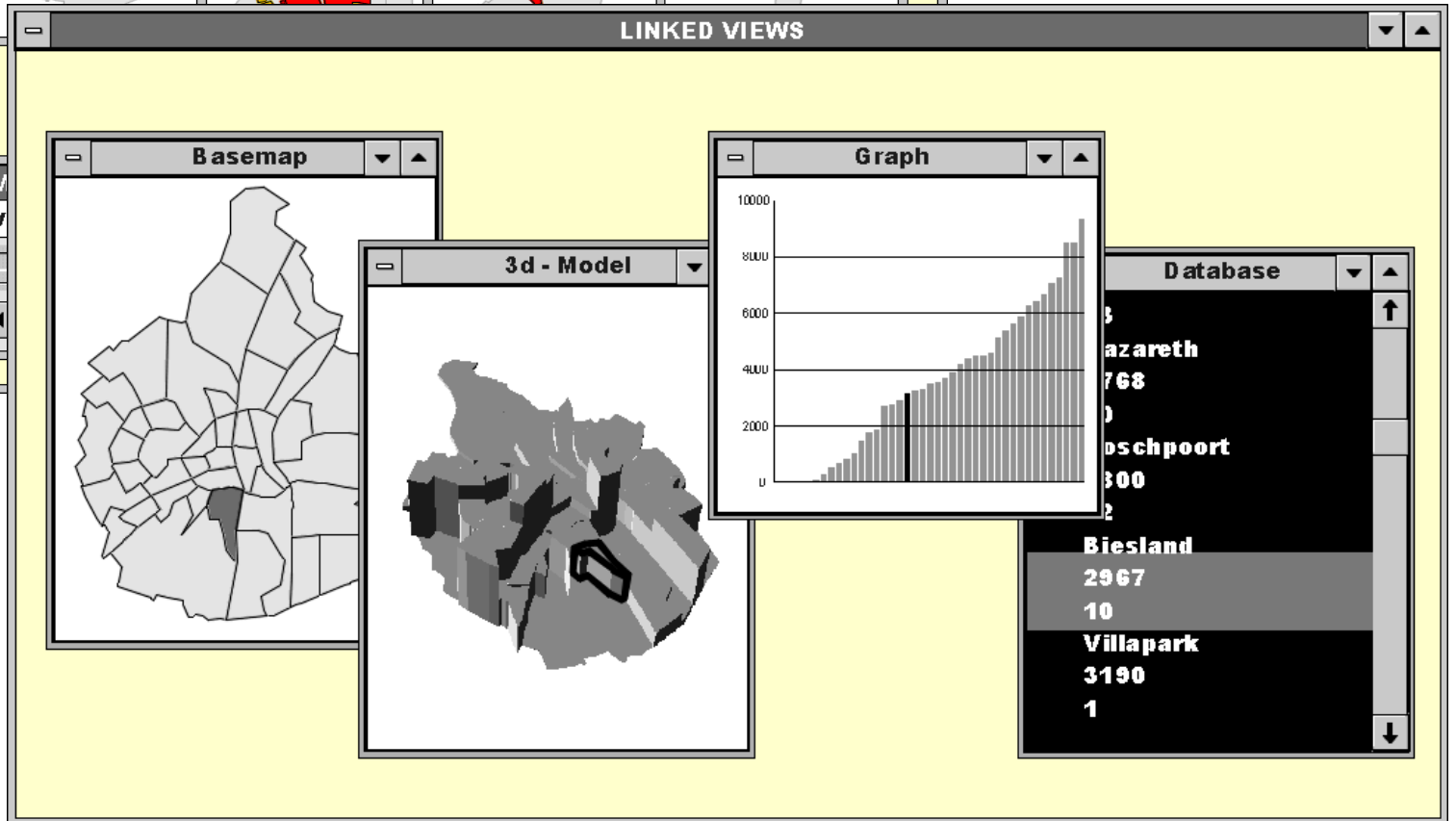
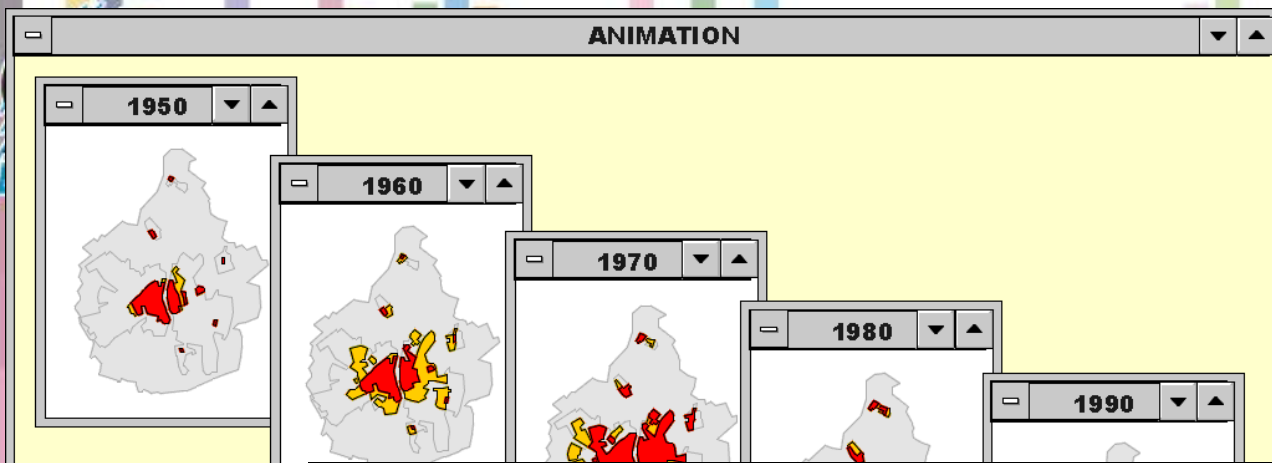




# Explorace

- **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.**









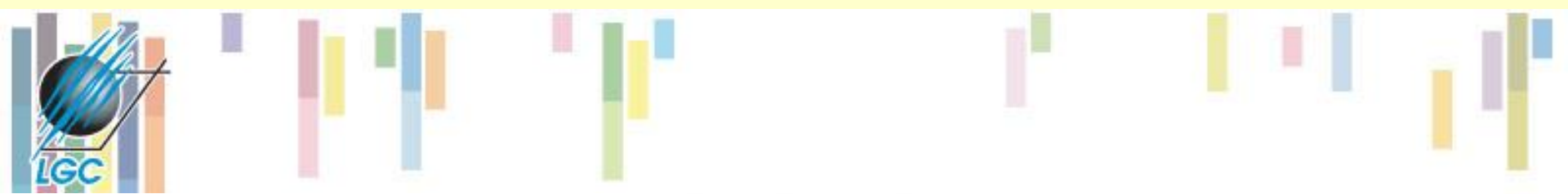
# Kartografická explorace

- 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/>**



**Area**

**Micromaps**

for sorted column

**Rank**

1=Lowest

**Lung and Bronchus  
Age-Adjusted Rate**

40 50 60 70 80

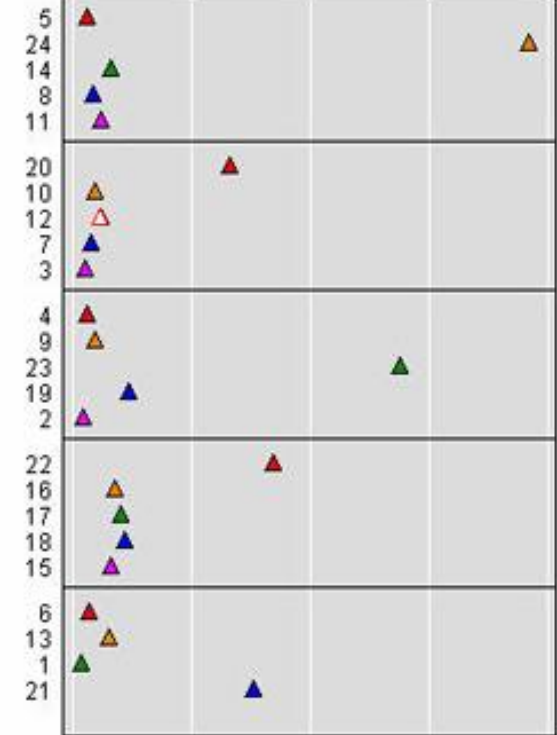
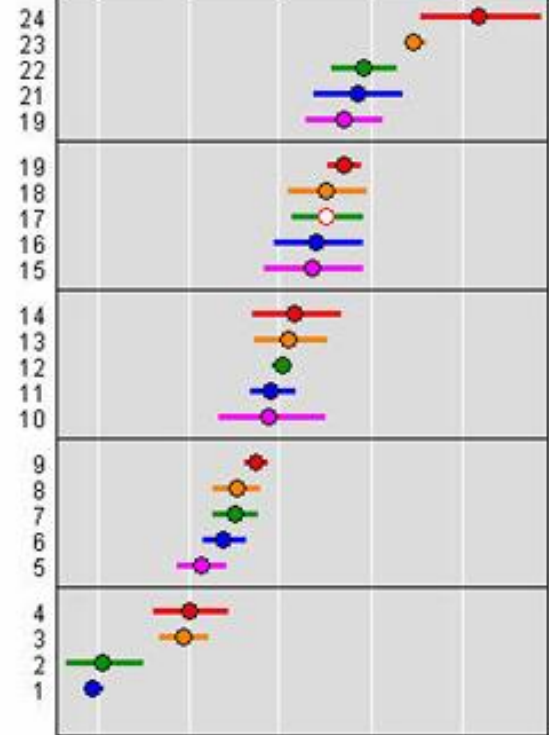
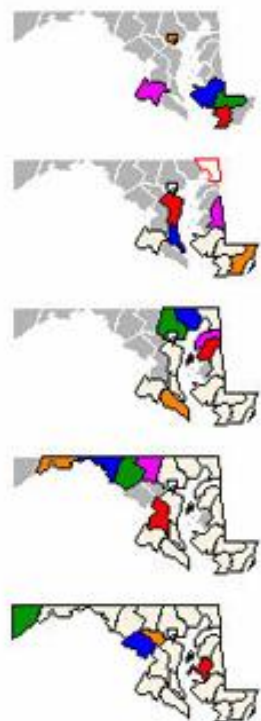
**Rank**

1=Lowest

**Lung and Bronchus Count**

0 5,000 10,000 15,000 20,000

- Somerset County
- Baltimore City
- Wicomico County
- Dorchester County
- Charles County
  
- Anne Arundel County
- Worcester County
- Cecil County
- Calvert County
- Caroline County
  
- Queen Annes County
- St Marys County
- Baltimore County
- Harford County
- Kent County
  
- Prince Georges County
- Allegany County
- Frederick County
- Washington County
- Carroll County
  
- Talbot County
- Howard County
- Garrett County
- Montgomery County





# 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:** A central panel showing a star plot for Lancaster with variables:  $lcl\_w = 167.0$ ,  $PRIN1 = 2.0856$ ,  $PRIN2 = -1.8078$ ,  $pop\_w = 656291.0$ , and  $aar\_w = 177.0$ .
- MoranMap:** A map showing spatial distribution of PRIN1\_M and a scatter plot of PRIN2\_M vs PRIN1\_M.
- GeoMap:** A choropleth map of the region with Lancaster highlighted.
- LinkGraph:** A network graph showing relationships between counties: Lancaster, York, Berks, Lehigh, Northampton, Northampton, Somerset, Cameron, and Northampton.
- IndicationAnimator:** A control panel for the Indication Animator with a 'Start' button and a 'Subspace?' checkbox.
- Drag Mode:** A control panel with buttons for 'order', 'scale', 'translate', and 'brush'.
- Options:** A 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:** A panel for selecting a variable and classification method.



# GeoDa

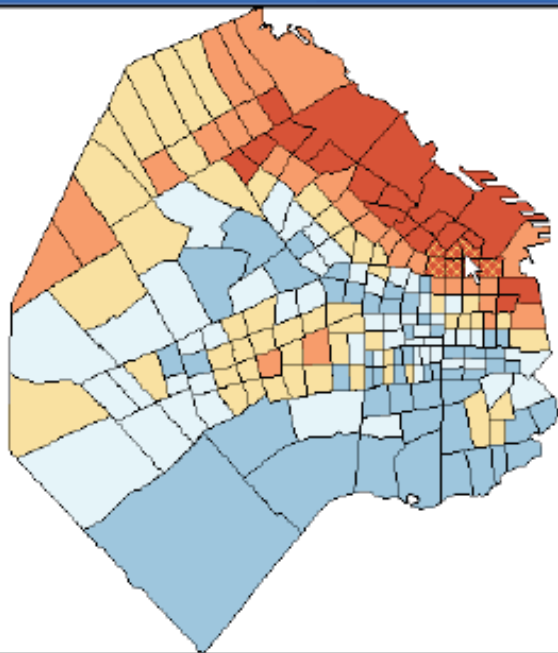
- GeoDa - Dr. Luc Anselin.
- Určen pro ESDA na vektorových datech.
- Grafické rozhraní pro popisnou geografickou analýzu, ale také prostorovou autokorelaci a prostorovou regresní analýzu.
- Stále ve vývoji – původně postaveno na MapObjects.
- **<http://geodacenter.asu.edu/projects/opengeoda>**



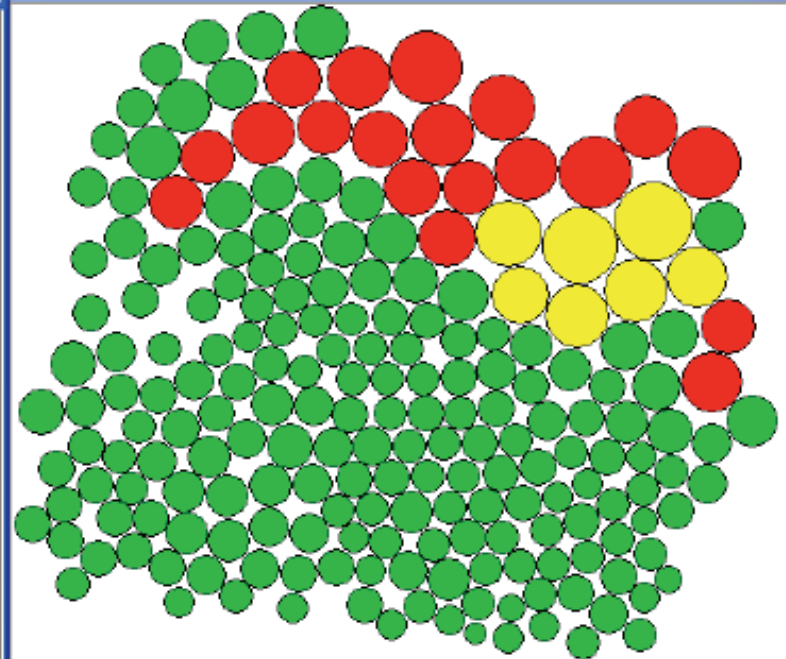
BoxMap (Hinge=1.5) : APR99PC

BoxMap (Hinge=1.5) : APR99PC

- Lower outlier (0)
- < 25% (52)
- 25% - 50% (52)
- 50% - 75% (52)
- > 75% (27)
- Upper outlier (26)



Cartogram (1.5): APR99PC





# **EXPLORACE ČASOPROSTOROVÝCH DAT NA PŘÍKLADU DAT MOBILNÍCH OPERÁTORŮ**





# Data mobilních operátorů - teoretické základy

- **ČSÚ (2017) – penetrace mobilních telefonů na jednoho člena domácnosti nad 6 let = 0.99. Detailní a poměrně spolehlivý zdroj informací**
- **Přístupy:**
  - Network-based řešení (při kterém je využívána síť mobilního operátora jako zdroj sekundárních nebo primárních dat)
  - Handset-based řešení, při kterém je k lokalizaci použit hardware mobilního telefonu.

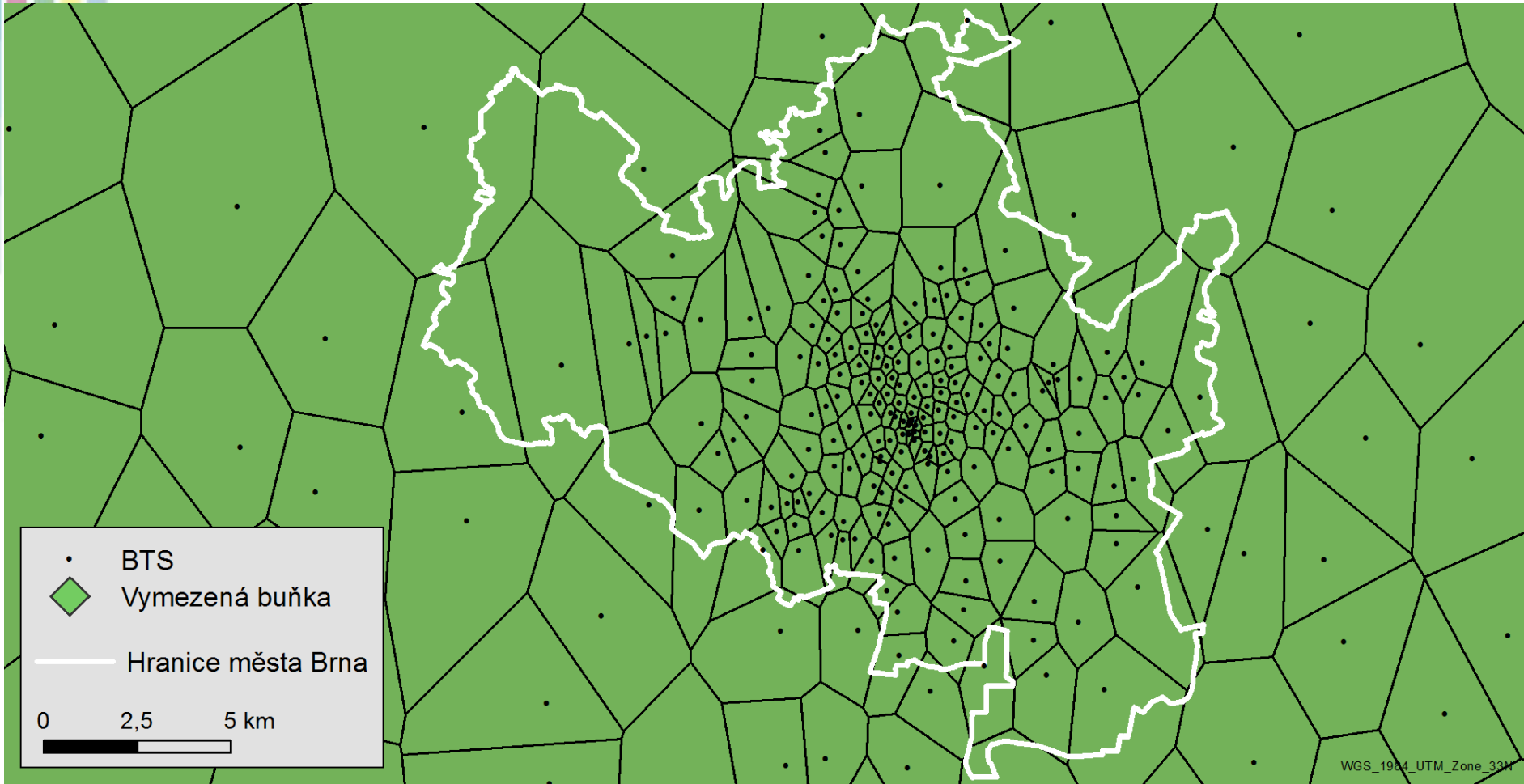


# Network based přístupy

## Pasivní vs. Aktivní

- **Pasivní:** využívá pasivní lokalizační údaje od mobilních operátorů. Metoda je založená na georeferencování a agregaci provozních dat. Již existující velké množství lokalizačních informací, není tak nutné data sbírat za účelem výzkumu.
- Každá komunikační aktivita lze přiřadit ke konkrétní BTS obsluhující určité území. Obsluhované regiony lze prostorově vymezit buňkou mobilní sítě.
- **Definice:** Buňky jsou definovány jako Voroného diagramy, nebo je využito dat poskytovatele služeb o pokrytí jednotlivých vysílačů
- **Velikost:** V urbanizovaných oblastech jsou vymezené obsluhované oblasti menší, BTS je více (větší rušení, zástavba tlumící propustnost signálu, více uživatelů...).
- Kromě GSM existují nové technologie jako je například 3G či 4G.

# GSM buňky v okolí Brna





# Aktivní lokalizace

- Na rozdíl od pasivní lokalizace velmi přesně zachycuje **trajektorii pohybu**. Této vlastnosti je docíleno přímým dotazováním mobilního telefonu v určitých intervalech.
- Výhoda - uživatel mobilního telefonu nemusí vykazovat žádnou činnost, aby byl lokalizován, protože parametr lokalizace není zjišťován pouze z databází operátora (CDR, HLR, VLR...), ale je dodáván přímo na míru výzkumu.
- Využití při sledování osob (PČR).



# Hand set based řešení

- Nevyžadující aktivitu poskytovatelů sítí.
- Využitelné technologie telefonů.
- Studie provedené aplikací smartphonů se dají rozdělit podle měřítka do tří kategorií: **personal sensing, social/group sensing, public/community sensing.**
- Participační vs. oportunistický režim dle uživatele.

Technologie	Prostorové rozlišení	Obnovovací frekvence	Indoor (I)/Outdoor (O)
GNSS	v řádu metrů	sekundy	O
Cell ID	50 m–5 km+	sekundy	I/O
Wi-Fi	10 m–50 m	sekundy	I/O
Bluetooth	v řádu metrů	sekundy	I/O
Akcelerometr	relativní	milisekundy	I/O
Magnetometr		milisekundy	I/O
Gyroskop		milisekundy	I/O
Barometr		sekundy	I/O



# Ahas et al (2010)

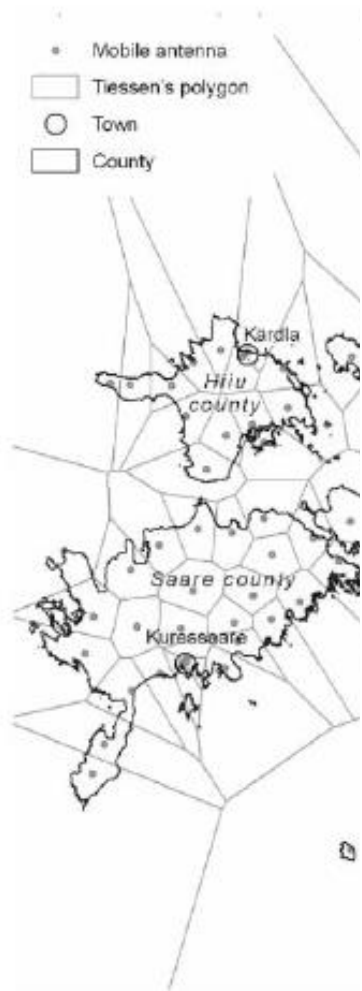


Figure 2. The EMT mobi

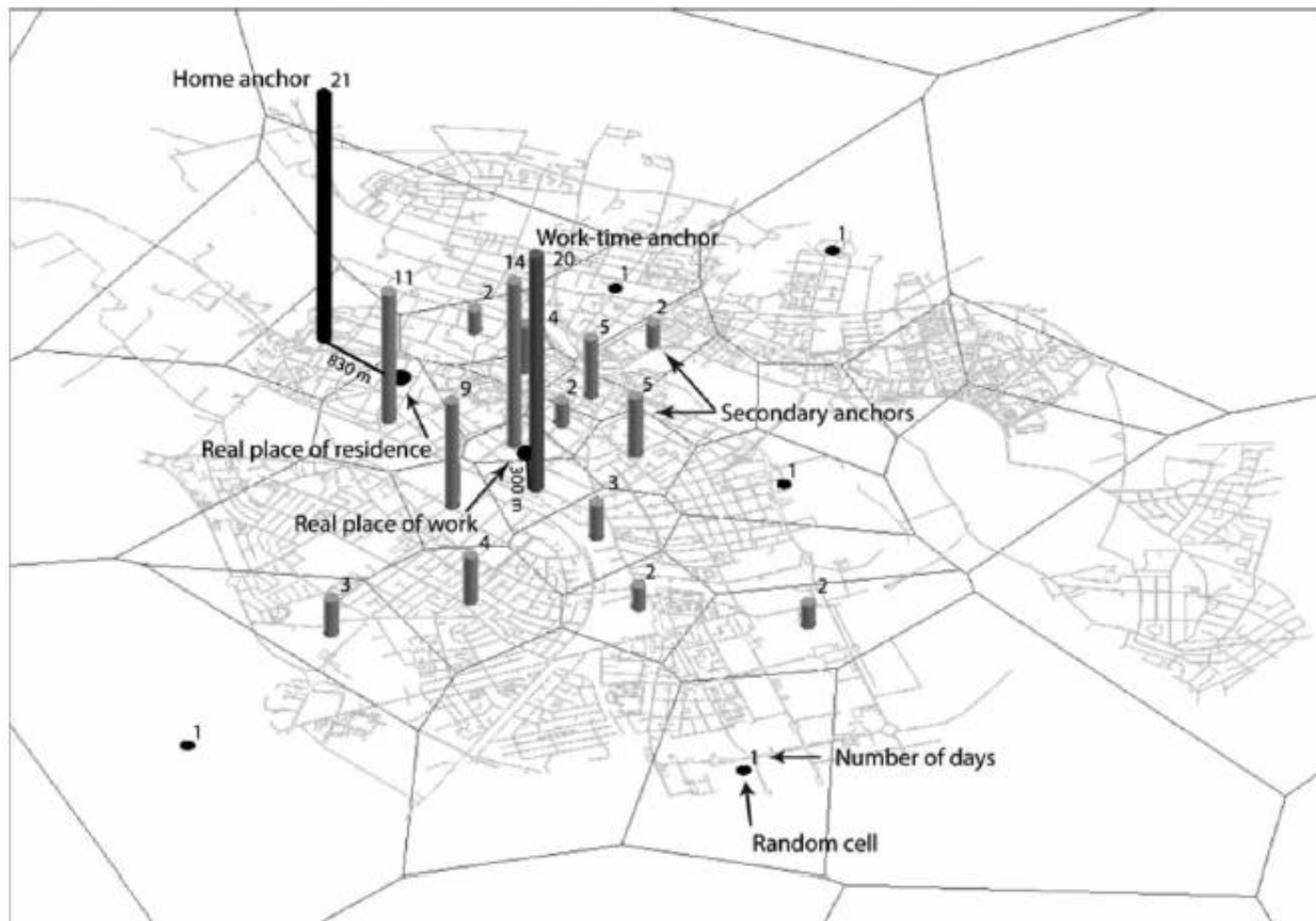


Figure 4. One of the respondent's anchor-point locations in the city of Tartu in November 2007  
 Note: Determined by means of passive positioning. The respondent's (Prof. Ahas) activities took place only in the city of Tartu.

# Novák, Temelová (2010) Každodenní život a prostorová mobilita mladých Pražanů

Obrázek 1. Ukázka záznamu týdenního pohybu jedné osoby

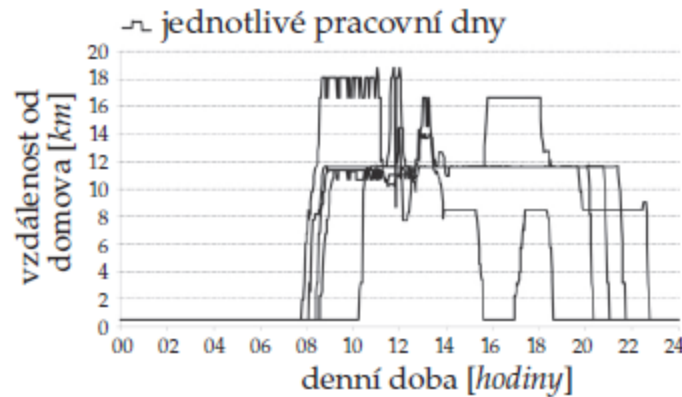


Zdroj: vlastní šetření [N]

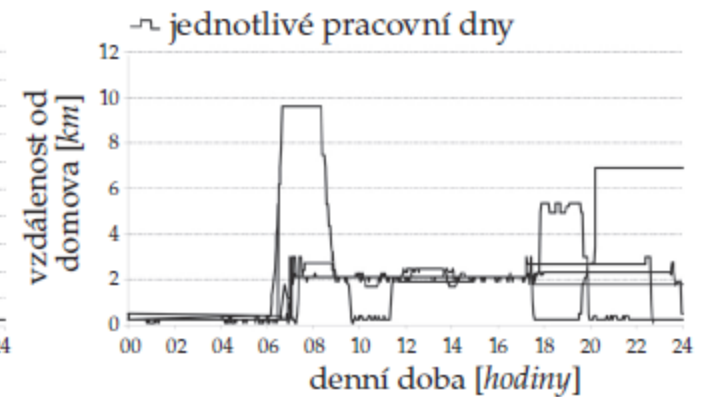


Graf 3. Vzdálenost od domova v pracovním týdnu typického respondenta

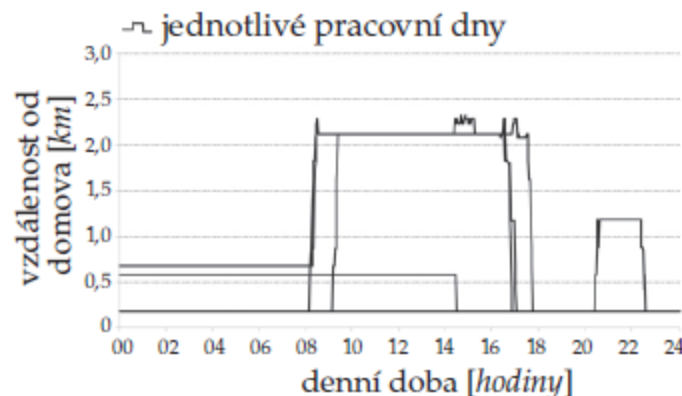
Aktivní styl sycený prací



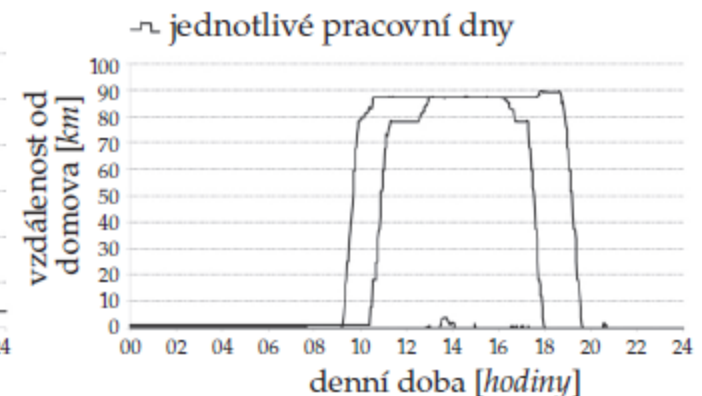
Aktivní styl sycený zábavou



Rutinní styl spjatý s péčí o dítě



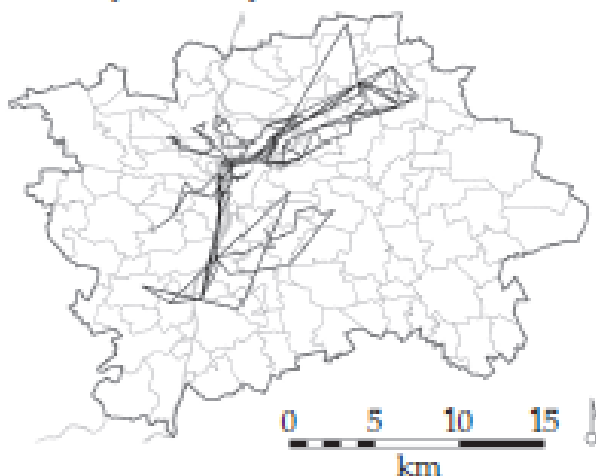
Rutinní styl spjatý s nedenní dojížděkou



Obrázek 4. Týdenní prostor aktivit typického respondenta

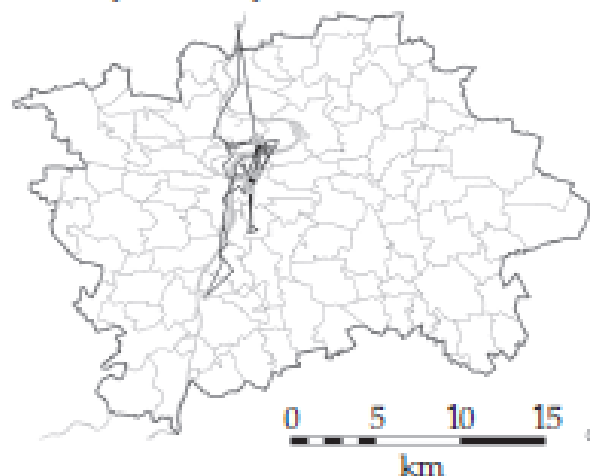
Aktivní styl sycený prací

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty



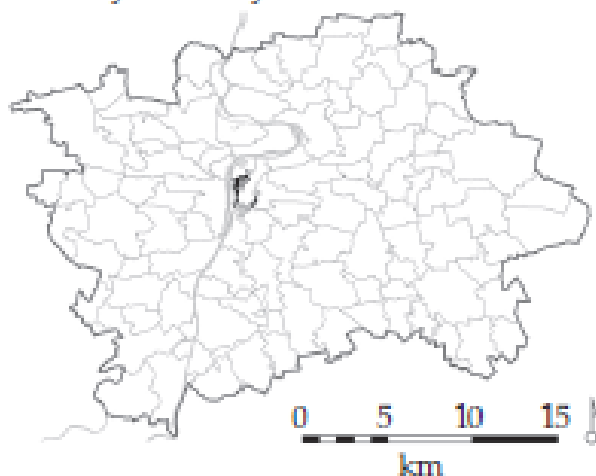
Aktivní styl sycený zábavou

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty



Rutinní styl spjatý s péčí o dítě

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty



Rutinní styl spjatý s nedenní dojížděkou

- stanice s pobytem nad 30 minut
- zachycené cesty

