

**MUNI**  
**SCI**

**GIS4SG**

**Metoda jádrových odhadů (Kernel Density)**

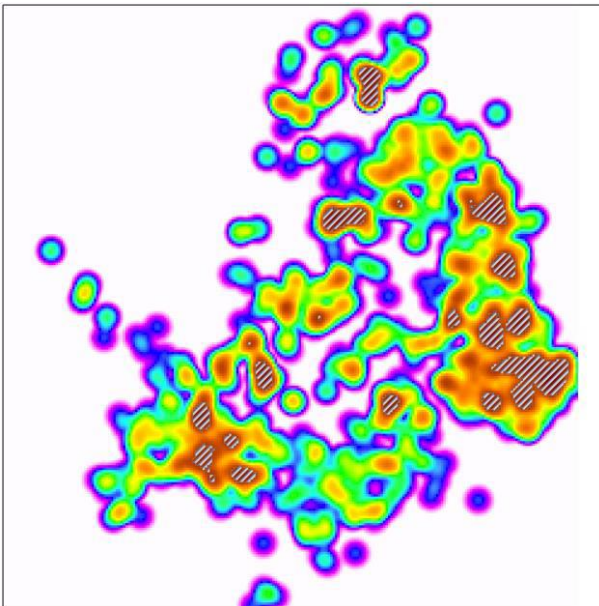
**Prostorové analýzy liniových dat a síťové analýzy**

podzim 2024

**Lukáš Herman**

[herman.lu@mail.muni.cz](mailto:herman.lu@mail.muni.cz)

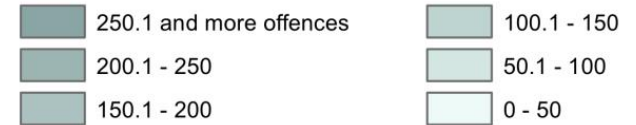
# Metoda jádrových odhadů



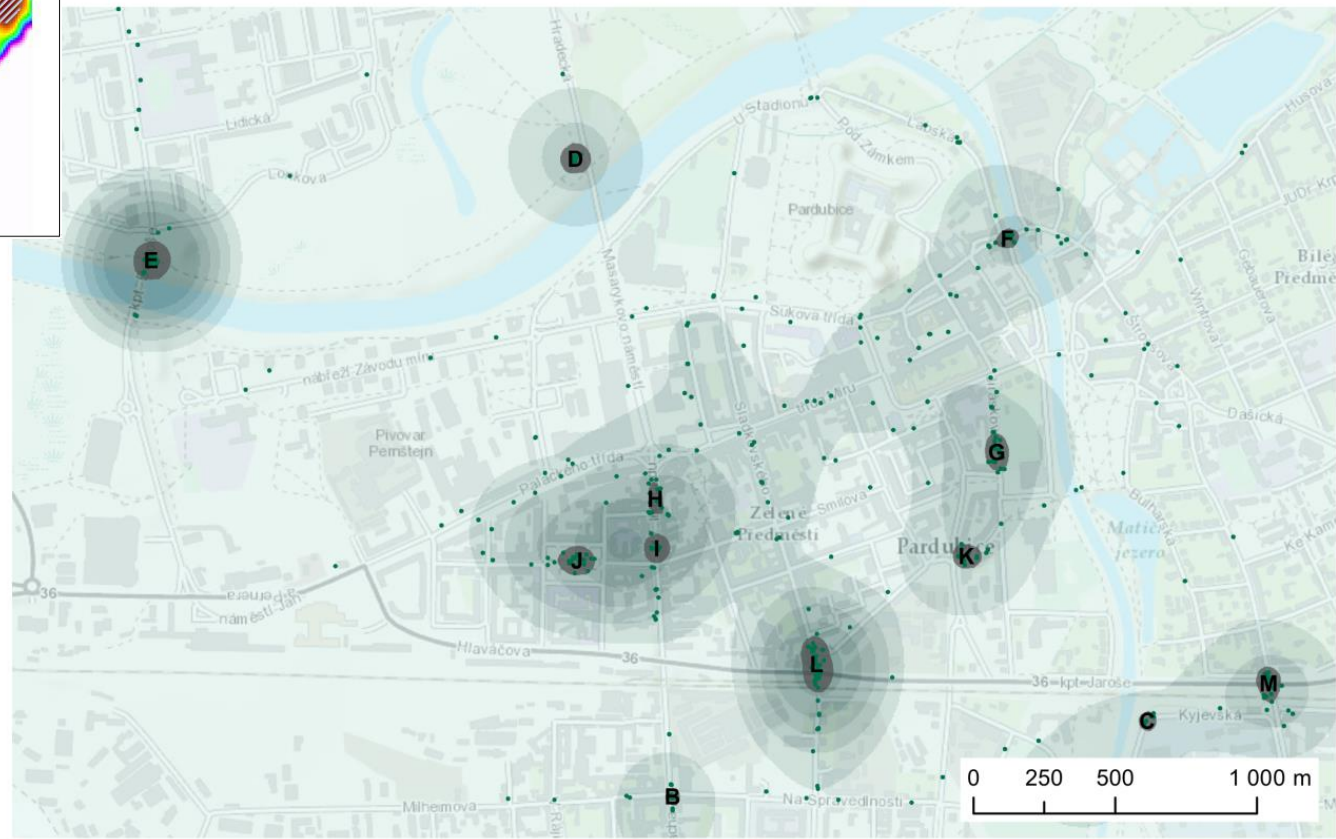
## OFFENCES CAUSED BY CYCLISTS IN CITY OF PARDUBICE IN 2014

Number of offences caused by cyclists per square kilometer

- Cyclist offence
- Semi-automatically calculated cluster of offences caused by cyclists



source: Municipal police of Pardubice, ESRI Basemap



# Metoda jádrových odhadů

- Je metodou pro **identifikaci anomálních lokalit**, které bývají často nazývány jako **hot spots**, je metoda jádrových odhadů (Kernel Density Estimation) či metoda jádrového vyhlazení.
- Jaká je hlavní nevýhoda??
  - Základním nedostatkem je subjektivita v interpretaci výsledků.
    - *Protože je to primárně vizuální analýza*
  - Stejná vstupní 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.

# Metoda jádrových odhadů

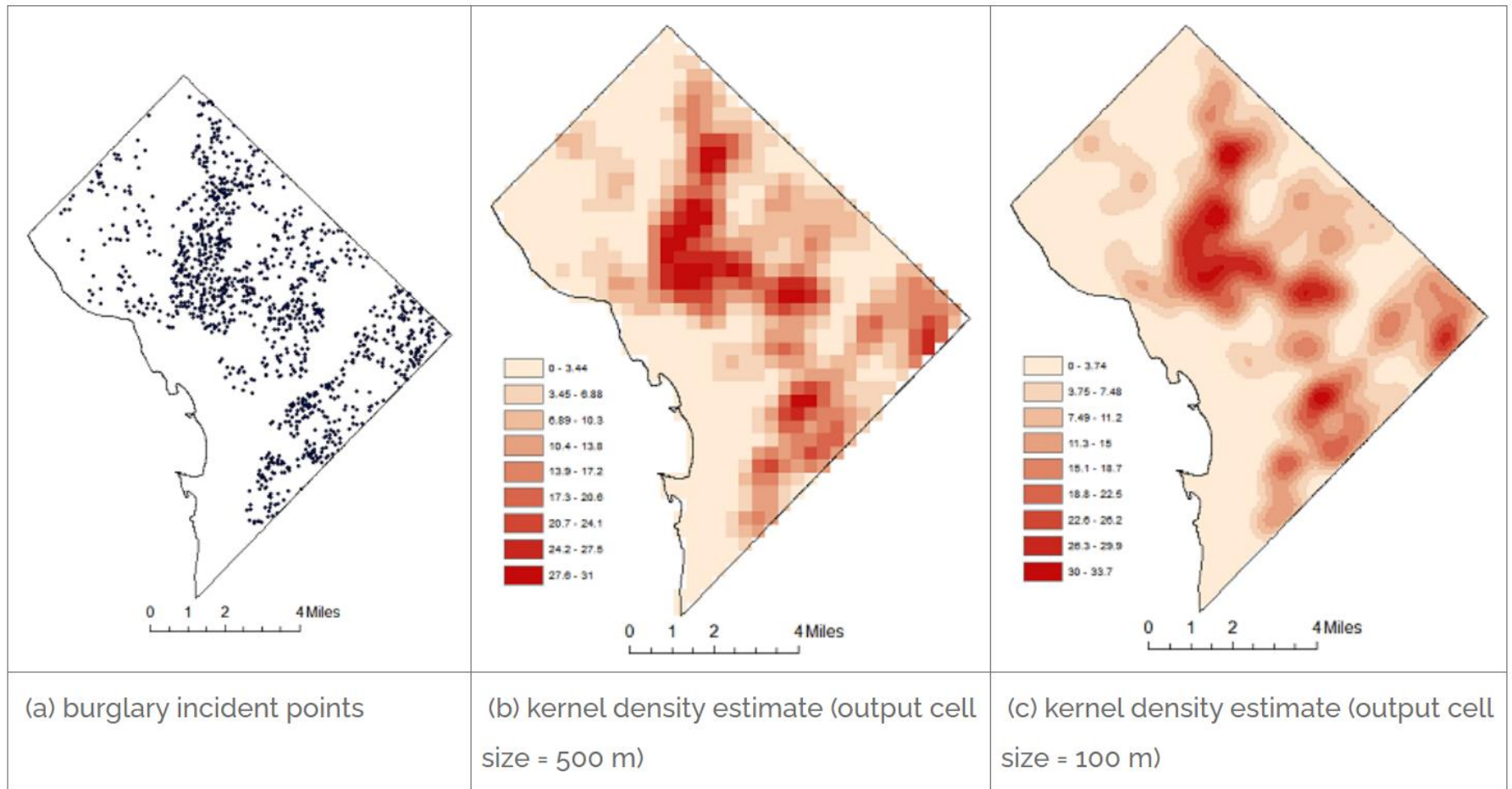


Figure 2a - 2c. Kernel density estimates of burglary incidents in Washington, D.C., 2018. Source: author.

# Předpoklady užití metody

- **Není vhodná** pro zobrazení rozsáhlých území (celý svět, kontinenty)
- **Vhodná** pro mapy větších měřítek (obce či jejich části)
- **Není doporučena** pro větší územní celky (okres, kraj, ČR) → toto ale záleží na zobrazovaném jevu
  
- Neexistuje také žádná hranice pro minimální počet událostí v zobrazované oblasti.
- Doporučuje se 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 → zobrazují se samotné body.

# Krok I – PŘEDZPRACOVÁNÍ DAT

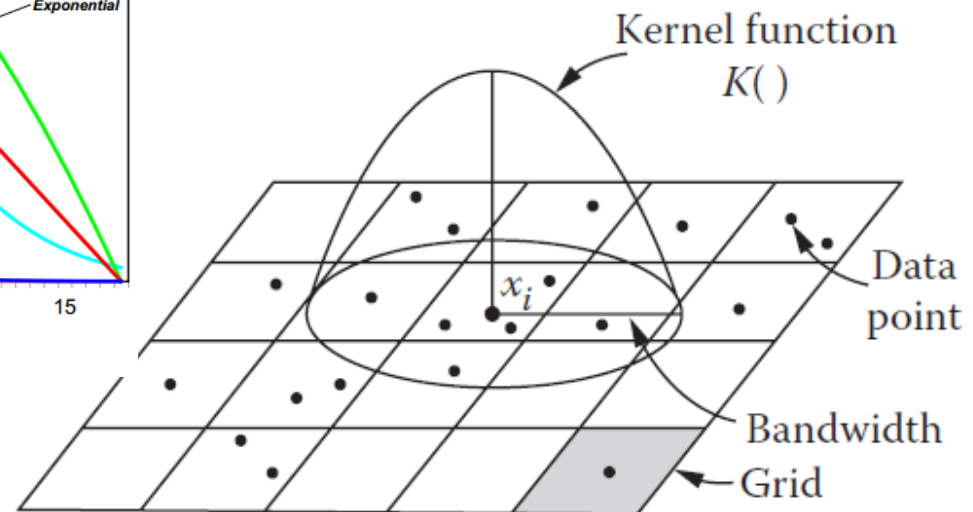
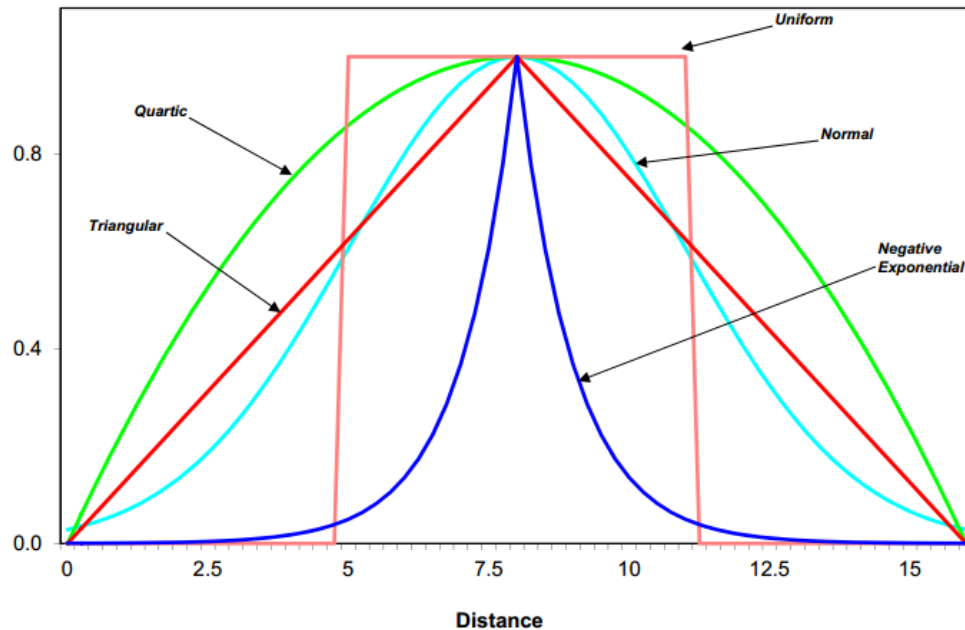
- Základní podmínkou jsou kvalitní data.
- Nutné se zaměřit na:
  - správnost a přesnost souřadnicového určení polohy,
  - časové určení,
  - tematické určení.
- Rozlišit případy, kdy již záznam daného jevu obsahuje souřadnice, od těch, kde je poloha vyjádřena pouze adresou či jiným referencováním.
- Pokud jsou body lokalizovány na jedno místo, tak zde vznikají umělé shluky, které mylně identifikují lokalitu jako anomální.
  - Řešení – náhodné rozmístění událostí podél/uvnitř lokalizovaného objektu.

# Krok II – VOLBA METODY

- Kde dochází k výskytu?
  - Celé ploše území versus výskyt omezen pouze na jisté části území (krádeže vs. jízda na černo v MHD).
  - Jádrové odhady plošné (2D) a jednorozměrné (1D), modelující výskyt pouze na liniích.
- Obecně metoda jádrových odhadů přiřazuje každému bodu v mapě odhad intenzity na základě vzdálenosti k ostatním událostem.
- Nemůžeme však tuto intenzitu počítat pro každý bod, jelikož těch je nekonečně mnoho, a tak je analyzované území proloženo čtvercovým gridem a intenzity jsou počítány pro centroidy jednotlivých buněk.
- V prvním kroku je potřeba vybrat metodu jádrového odhadu:
  - **Jednoduchý**
  - **Duální**
- Dále je nutné volit mezi jádrovým odhadem s dosahem:
  - **Fixní**
  - **Adaptivní**

# Krok III – NASTAVENÍ VYHLAZOVACÍ FUNKCE

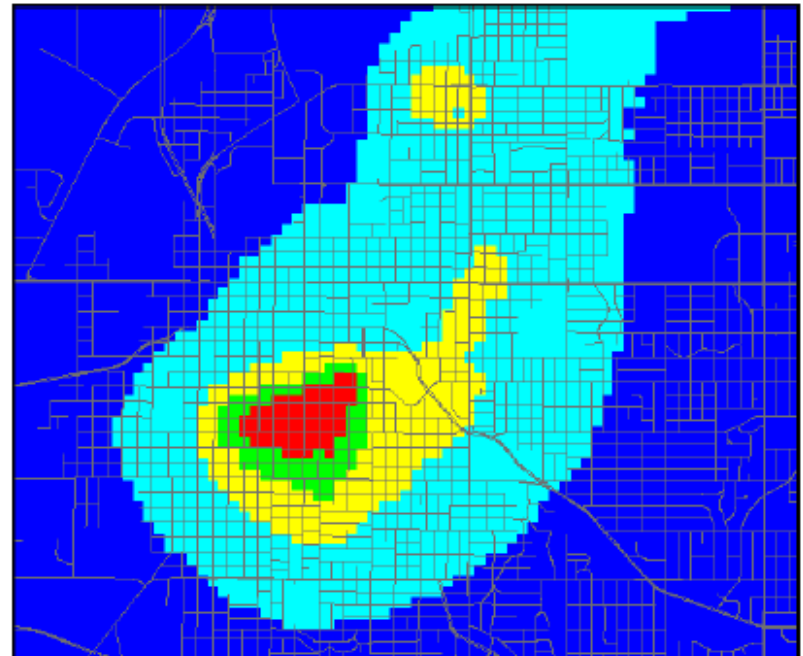
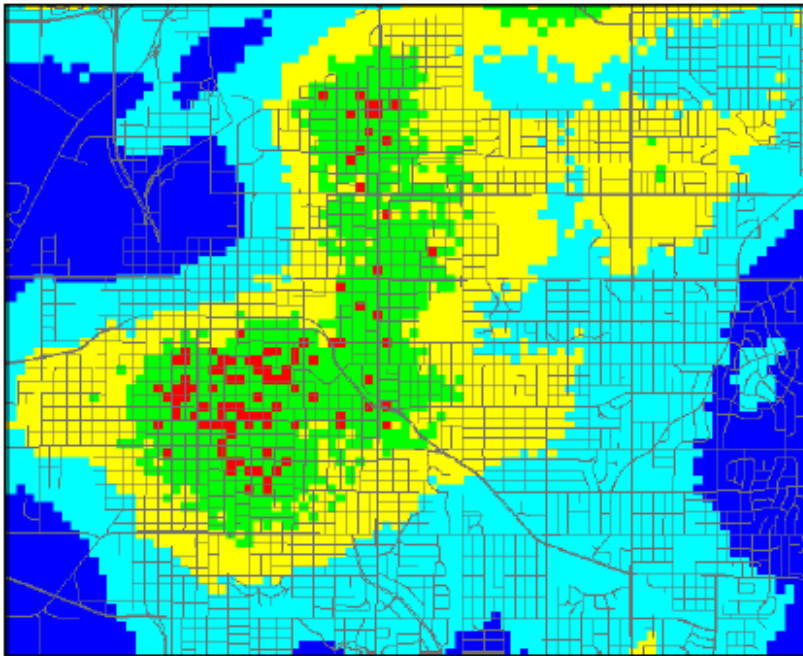
- Obvykle 6 různých vyhlazovacích funkcí:
  - normální, rovnoměrná, kvartická, kuželová, kvadratická a záporná exponenciální.
- nejčastěji se využívá kvartická funkce



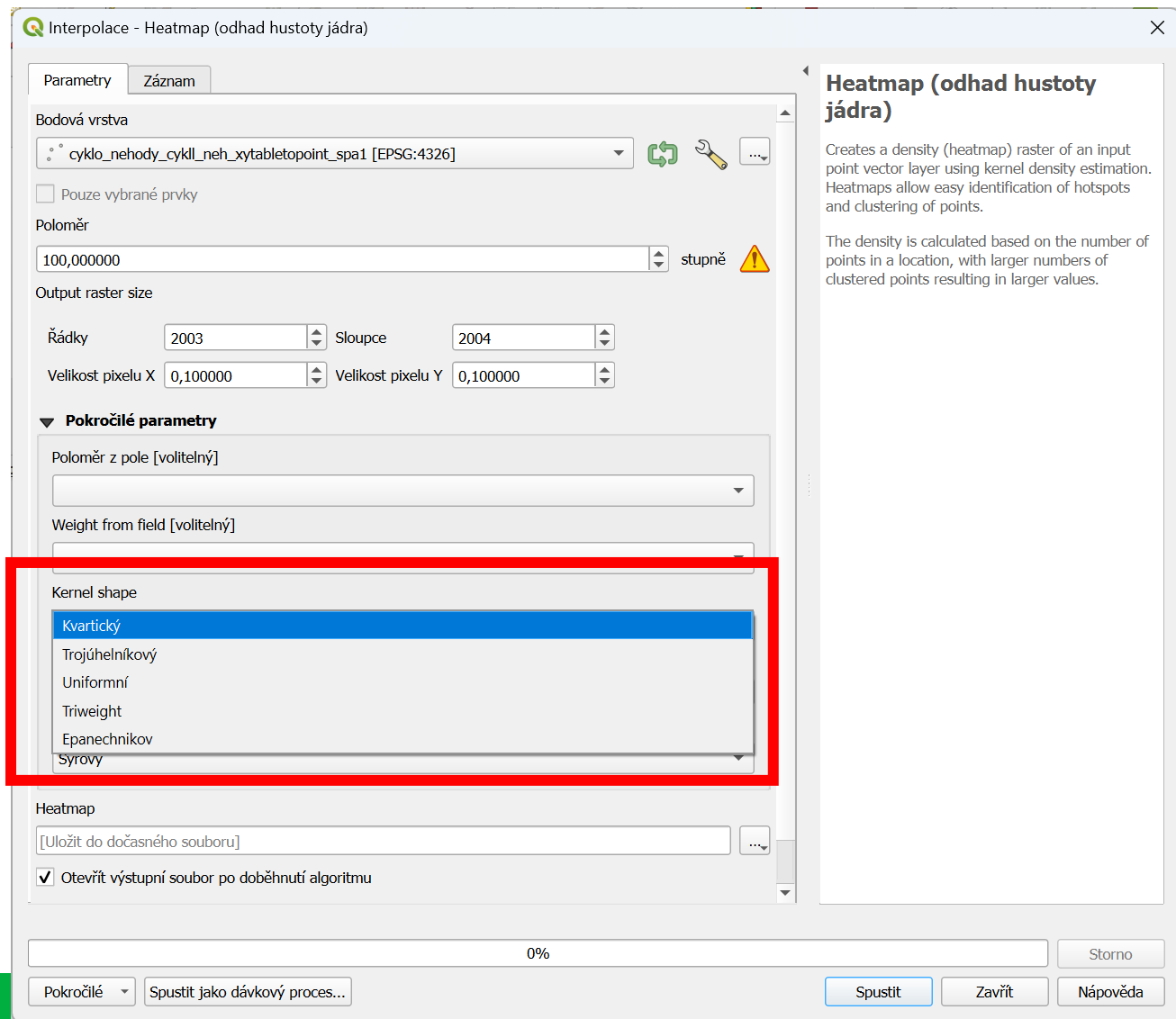


# Závislost výsledku na zvolené vyhlazovací funkci

## Trojúhelníková vs. Gausova (normální)



# Závislost výsledku na zvolené vyhlazovací funkci



Interpolace - Heatmap (odhad hustoty jádra)

Parametry Záznam

Bodová vrstva  
° cyklo\_nehody\_cykl\_neh\_xytabletopoint\_spa1 [EPSG:4326]

Pouze vybrané prvky

Poloměr  
100,000000 stupně

Output raster size  
Řádky 2003 Sloupce 2004  
Velikost pixelu X 0,100000 Velikost pixelu Y 0,100000

▼ Pokročilé parametry

Poloměr z pole [volitelný]

Weight from field [volitelný]

Kernel shape

- Kvartický
- Trojúhelníkový
- Uniformní
- Triweight
- Epanechnikov
- Syrovy

Heatmap  
[Uložit do dočasného souboru]

Otevřít výstupní soubor po doběhnutí algoritmu

0%

Pokročilé Spustit jako dávkový proces...

Spustit Zavřít Nápověda

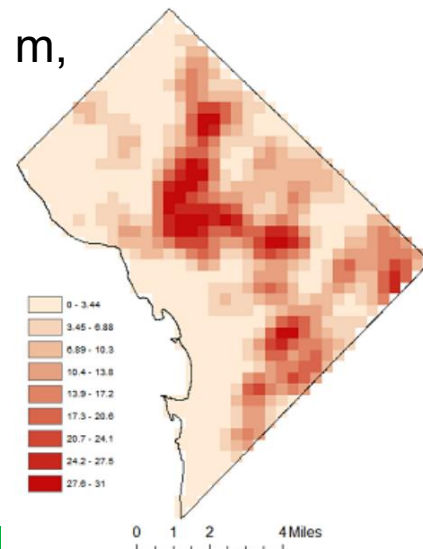
Heatmap (odhad hustoty jádra)

Creates a density (heatmap) raster of an input point vector layer using kernel density estimation. Heatmaps allow easy identification of hotspots and clustering of points.

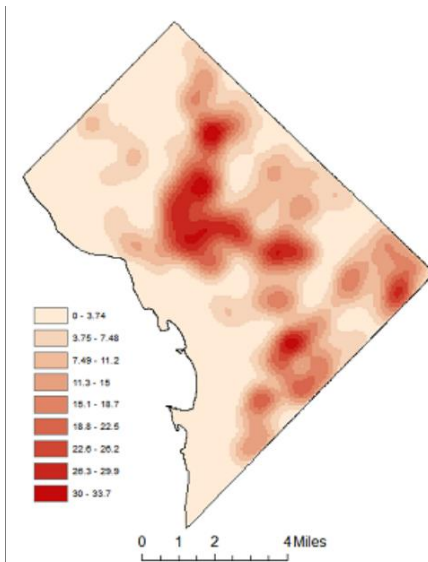
The density is calculated based on the number of points in a location, with larger numbers of clustered points resulting in larger values.

# Velikost buňky

- GRID = nezbytné správně zvolit jeho prostorové rozlišení.
- Velikost buňky tohoto GRIDu ovlivňuje získané výsledky z pohledu detailnosti a také velikosti souboru.
- Neovlivňuje přesnost výsledků tak výrazně, jako další dva parametry.
- Jak stanovit?
  - MBR (kratší strana / 150).
  - ČR – města a obce velikost buňky 50 m, minimálně 10 m.
  - Výjimky?



(b) kernel density estimate (output cell size = 500 m)



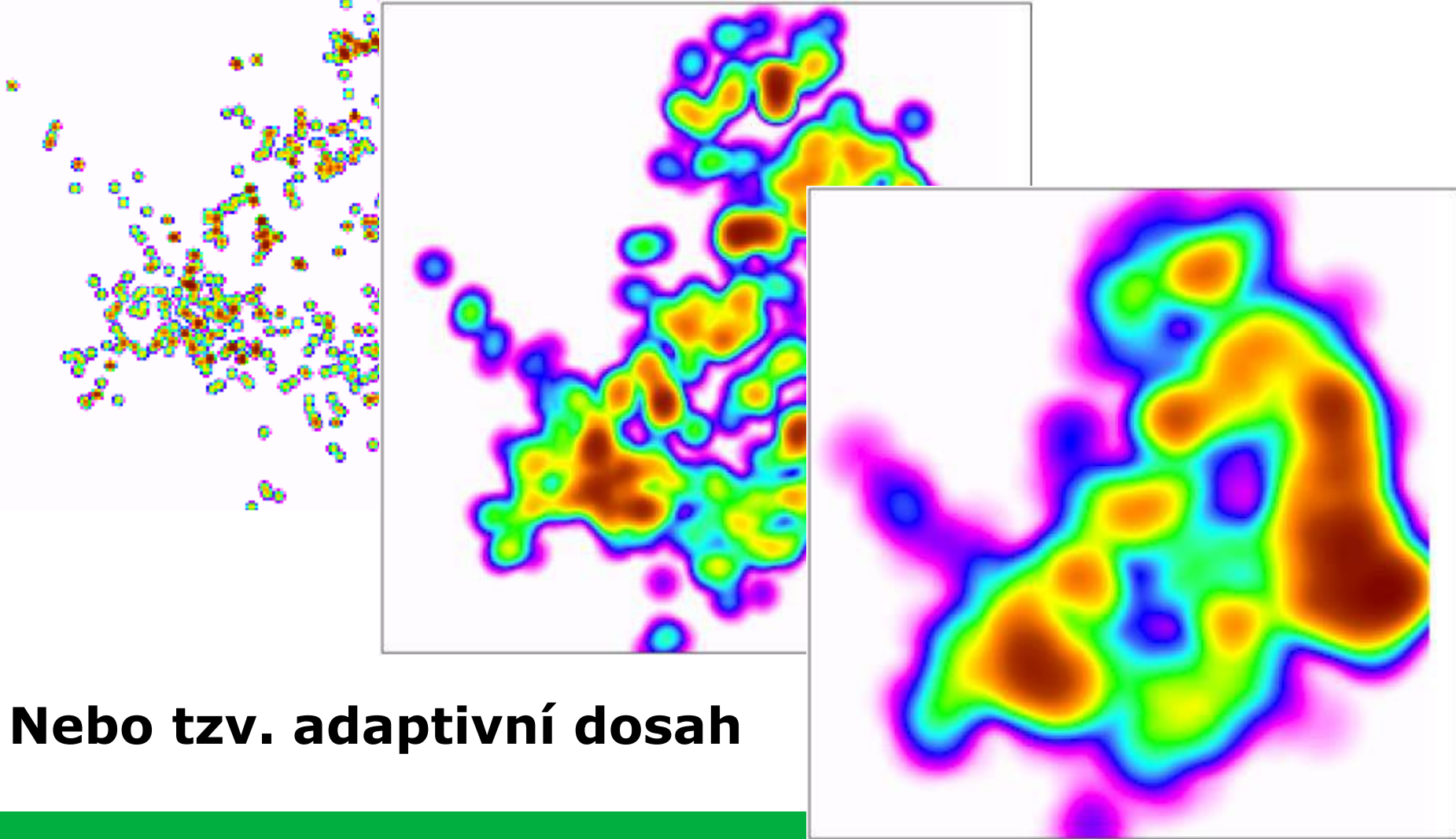
(c) kernel density estimate (output cell size = 100 m)

# Dosah (šířka pásma)

- Pro výsledky jádrových odhadů je klíčová především volba dosahu vyhlazovací funkce. Neexistuje žádné obecné pravidlo, jak určit nejvhodnější hodnotu dosahu.
- Vždy záleží na prostorové distribuci bodů, typu události a měřítku – závislost dosahu konkrétního trestného činu.
- Explorace (vývoj území) vs. Identifikace anomálií (hot spots).

Druh kriminality	Druh kernelu	pásma (m)
Loupež	Kvartická	200
Výtržnictví	Kvartická	200
Úmyslné ublížení na zdraví	Kvartická	200
Krádeže motorových vozidel	Válcová	100
Krádeže věcí z aut	Válcová	100

**50 – 200 – 400 m dosah**



**Nebo tzv. adaptivní dosah**

# Adaptivní dosah

Pro většinu situací je vhodnější a plně dostačující použití **fixního** dosahu.

Interpolace - Heatmap (odhad hustoty jádra)

Parametry Záznam

Bodová vrstva  
° ° cyklo\_nehody\_cykl\_neh\_xytablepoint\_spa1 [EPSG:4326]

Pouze vybrané prvky

Poloměr  
100,000000 stupně ⚠

Output raster size  
Řádky 2003 Sloupce 2004  
Velikost pixelu X 0,100000 Velikost pixelu Y 0,100000

▼ Pokročilé parametry

Poloměr z pole [volitelný]

Weight from field [volitelný]

Kernel shape  
Kvartický  
Trojúhelníkový  
Uniformní  
Triweight  
Epanechnikov  
Sýrový

Heatmap  
[Uložit do dočasného souboru]

Otevřít výstupní soubor po doběhnutí algoritmu

0%

Pokročilé Spustit jako dávkový proces...

Spustit Zavřít Nápověda

**Heatmap (odhad hustoty jádra)**  
Creates a density (heatmap) raster of an input point vector layer using kernel density estimation. Heatmaps allow easy identification of hotspots and clustering of points.  
The density is calculated based on the number of points in a location, with larger numbers of clustered points resulting in larger values.

## Krok IV – PROVĚŘENÍ STATISTICKÉ VÝZNAMNOSTI

- Výstup = grid s intenzitami událostí, sám o sobě neposkytuje informaci o výskytu statisticky významných oblastí a jeho interpretace je velmi subjektivní.
- Nejpoužívanějším postupem pro hodnocení výsledků jádrových odhadů je **Getis-Ord  $G_i^*$**  index.
- Pro výpočet  $G_i^*$  doporučeno použít topologické okolí definované **pohybem královny** prvního řádu. Doporučujeme zobrazit jen statisticky významné výsledky **na hladině významnosti nejméně 95 %**.
- Následně hranici těchto významných shluků zobrazit spolu s výsledky jádrového vyhlazení a vyznačit v tomto výstupu hranice těchto statisticky významných anomálních oblastí.



# Getis-Ord $G_i^*$



- Ukazatel významnosti shluku.
- $G_i^*$  statistika vrací pro každý prvek v datové sadě tzv. Z skóre (z-score).
- Statisticky významné pozitivní z-score = čím větší, tím je intenzivnější shluk vysokých hodnot (**hot spot**).
- Statisticky významné negativní Z skóre = čím menší Z skóre, tím intenzivnější shluk nízkých hodnot (cold spot).



# GI a GI\* statistika

1	1	1	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	
0	3	0	0	6	1	0	1	1	0	0	0	0	1	3	
5	0	0	0	0	1	9	5	0	0	3	0	0	1	0	1
1	4	0											0	0	2
1	0	2	0	0	2	1	2						1	5	0
3	5	0											0	1	0
0	0	1	1	6	6	2	2						1	2	0
0	2	2											0	0	2
0	0	3	6	12	9	2	2						0	2	2
1	2	4											3	0	2
4	4	1	1	2	1	1	1						1	6	4
1	1	0											6	1	0
0	0	0	0	1	0	1	3						4	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	13	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	1	4	6	0	2	0	0	0
0	8	2	6	0	0	0	4	3	1	4	7	0	0	0	0

- Každá buňka má jednoznačnou hodnotu
- Nulová hypotéza:
  - Není žádný vztah mezi hodnotami v buňce a v jejím okolí, a to až do vzdálenosti  $d$  měřené ve všech směrech.
  - Srovnáno se sumou hodnot na celém studovaném území.

# GI a GI\* statistika

Srovnání lokálního s globálním

- Existuje lokální prostorová asociace?
- **Hodně vysokých hodnot v blízkosti buňky.**
  - GI\* hodnoty budou pozitivní pro všechny buňky
- **Hodně nízkých hodnot pohromadě**
  - GI\* hodnoty budou negativní pro všechny buňky
- Příklad: Pro hodnotu 9 v centru vzorku platí:
  - GI\* value = 4.1785
  - GI\* hodnota je **pozitivní**
- V relativním porovnání (lokální vs. globální) se jedná o hodně buněk s vysokou hodnotou jevu.

0	0	2	1	2
1	6	6	2	2
6	12	9	2	2
1	2	1	1	1
0	1	0	1	3

# GI a GI\* statistika

- GI\* výsledky jsou **Z skóre**
- Z skóre indikují umístění dané hodnoty v datové sadě vzhledem k průměru, standardizované s ohledem na směrodatnou odchylku (standard deviation).
  - **Z = 0** odpovídá průměru
  - **Z < 0** méně než průměr
  - **Z > 0**
- Z skóre používáno pro určení prahu spolehlivosti a zhodnocení statistické významnosti.

# GI a GI\* statistika

## Statistická významnost

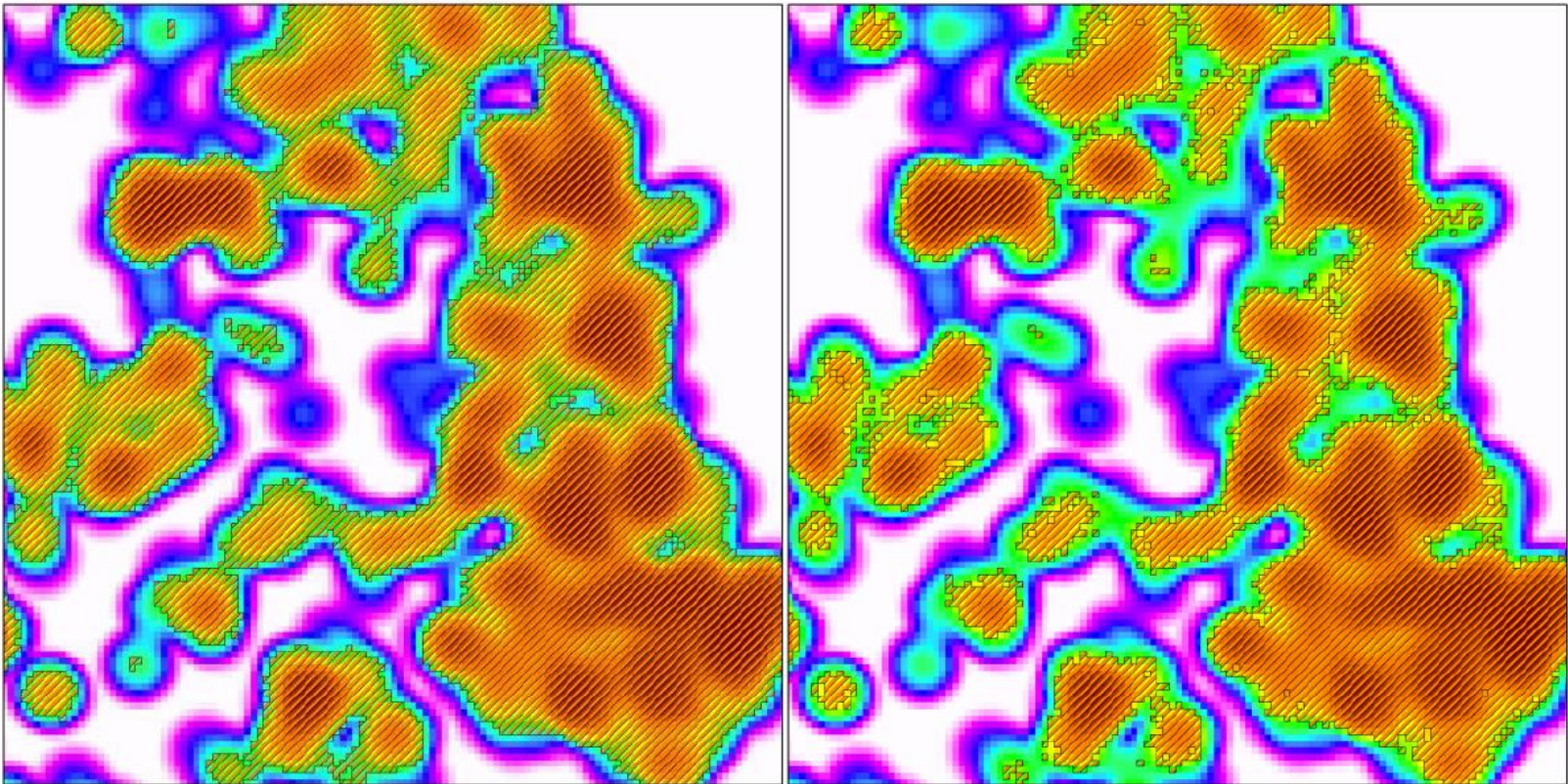
Z-skóre hodnoty pro úrovně (hladiny) statistické významnosti:

- 90%  $\geq 1.645$
  - 95%  $\geq 1.960$
  - 99%  $\geq 2.576$
  - 99.9%  $\geq 3.291$
- Univerzální Z skóre bez ohledu na jevu, umístění, velikosti území...
- Příklad:
    - $G_i^*$  hodnota = 4.1785
    - Větší než 99.9% významnost!



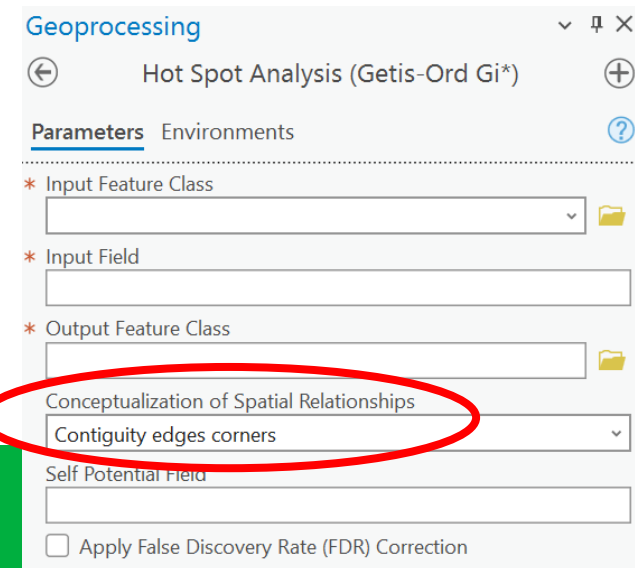
# Statistická významnost

- Finální výsledky zobrazující statistické výsledky na hladině významnosti 95 % (vlevo) a 99 % (vpravo).



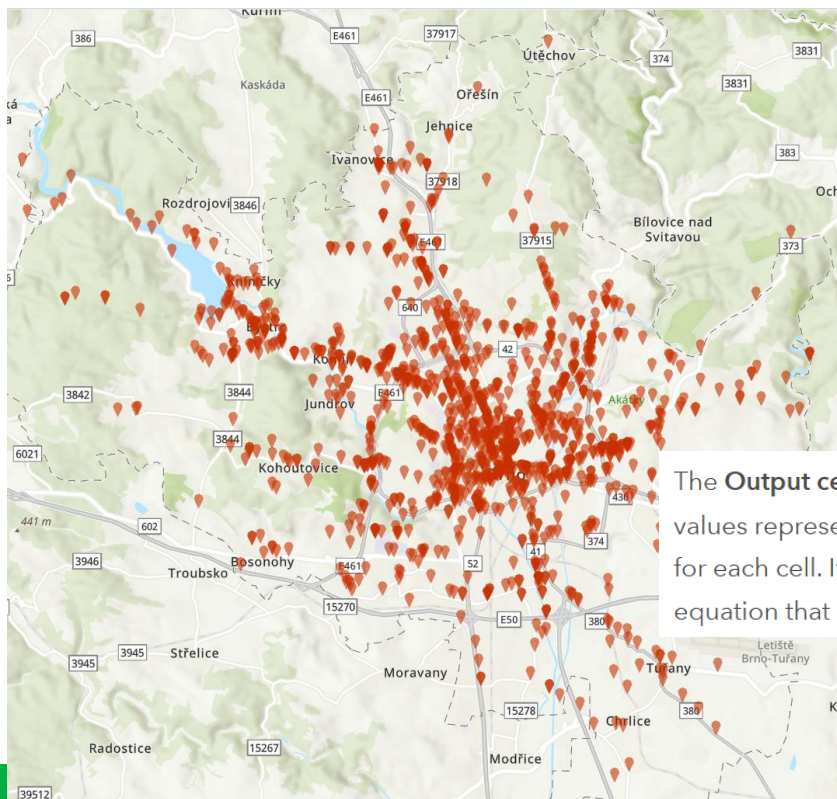
# Jak to udělat prakticky?

- Conversion Tools > From Raster > **Raster to Point**
- Data Management Tools > Sampling > **Create Fishnet**
  - Vlastnosti identické jako v rastru (velikost buněk, rozsah)!
- Data Management Tools > Analysis Tools > Overlay > **Spatial Join**
- Spatial Statistics > ... > **Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi\*)**



# Jak to udělat prakticky?

Je velmi vhodné mít vstupní data v metrickém souřadnicovém systému, zde použit UTM 33N



Geoprocessing

Kernel Density

Parameters Environments

Input point or polyline features  
cyklo\_nehody\_utm33n

Population field  
NONE

Output raster  
KernelD\_cykl4

Output cell size  
100

Search radius  
500

Area units  
Square kilometers

Output cell values  
Densities

Method  
Planar

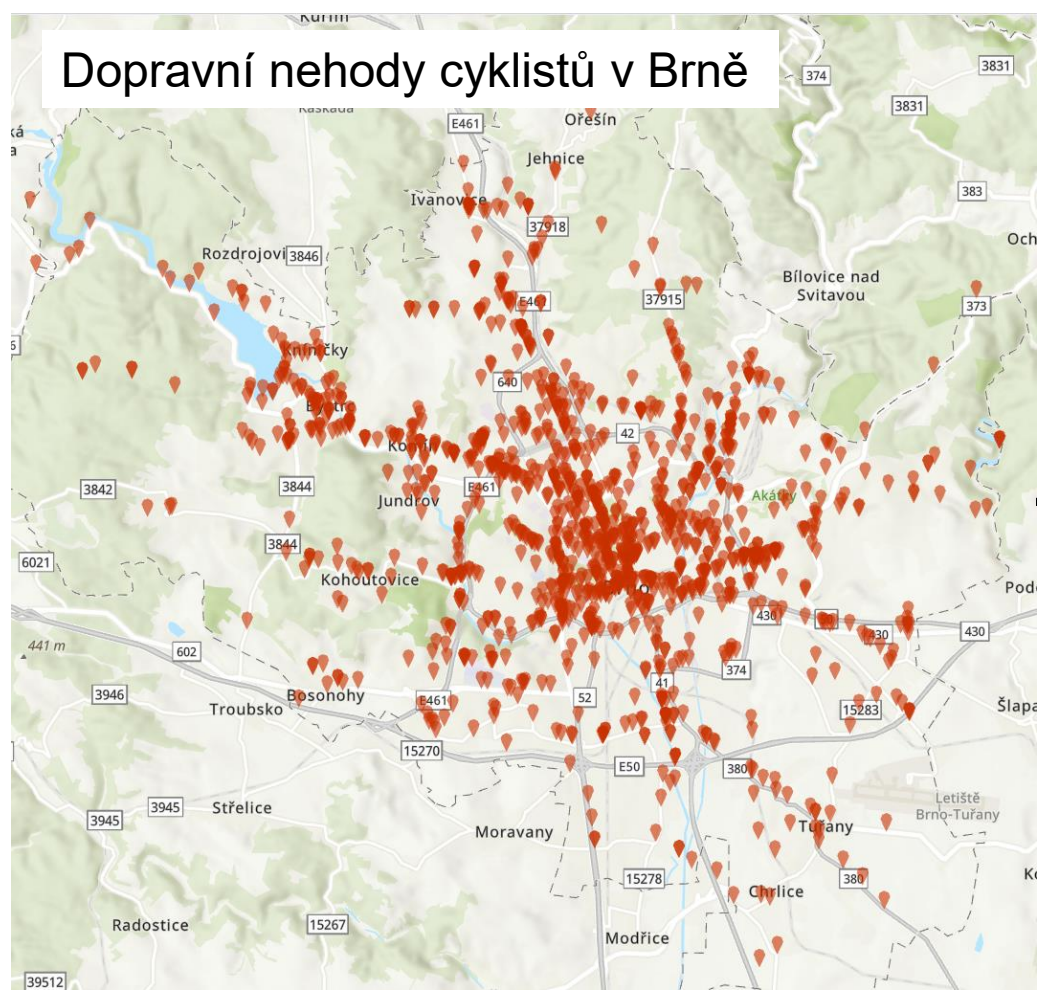
Input barrier features

The **Output cell values** (out\_cell\_values in Python) parameter specifies what the output raster values represent. If **Densities** is chosen, the values represent the kernel density value per unit area for each cell. If **Expected counts** is chosen, the values represent the kernel density per cell area. The equation that calculates the counts from the density values is  $\text{Count} = \text{Density} \times \text{Area}$ .

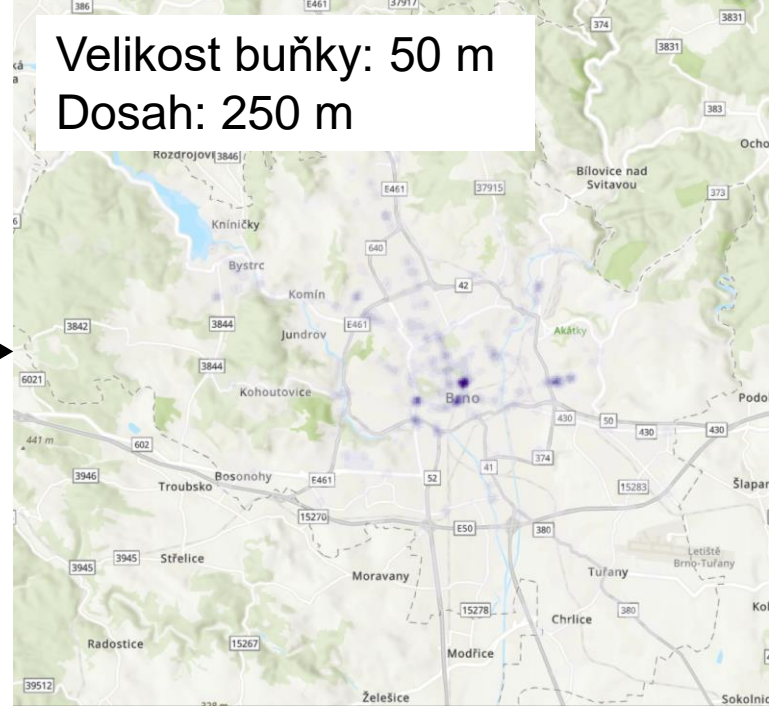
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/kernel-density.htm>

# Jak to udělat prakticky?

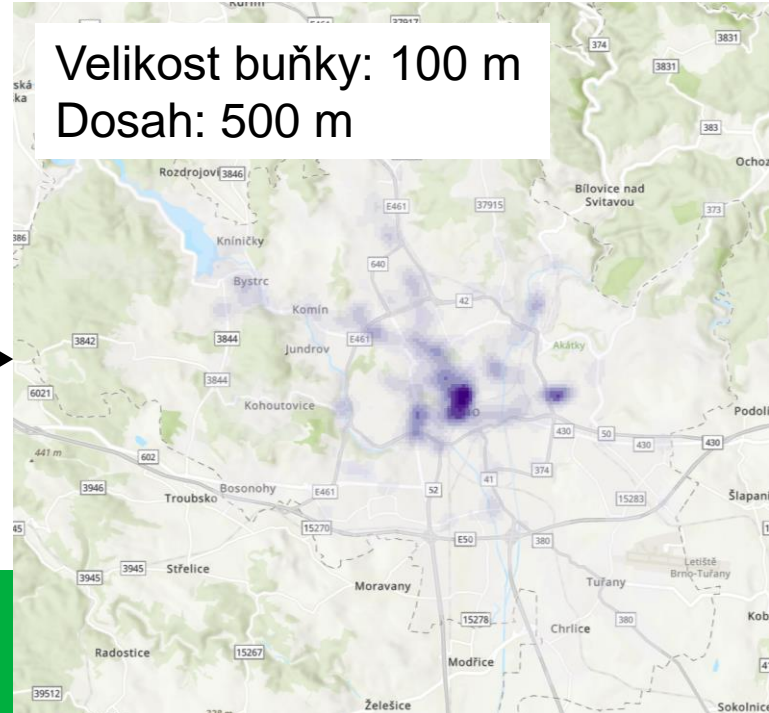
Dopravní nehody cyklistů v Brně



Velikost buňky: 50 m  
Dosah: 250 m

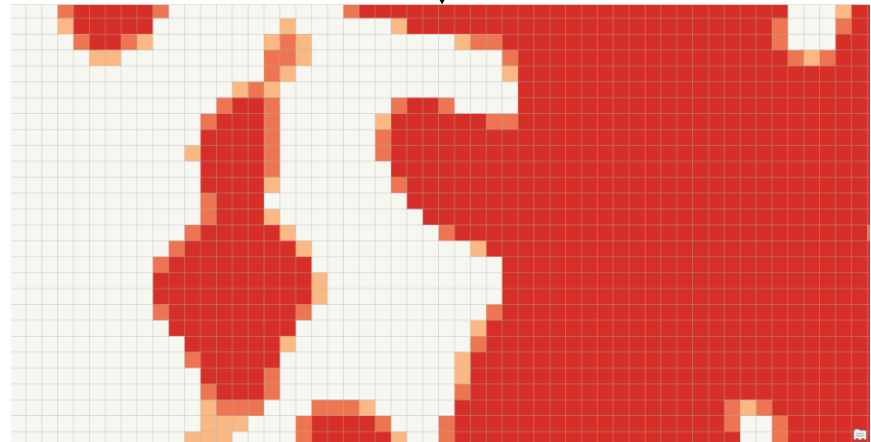
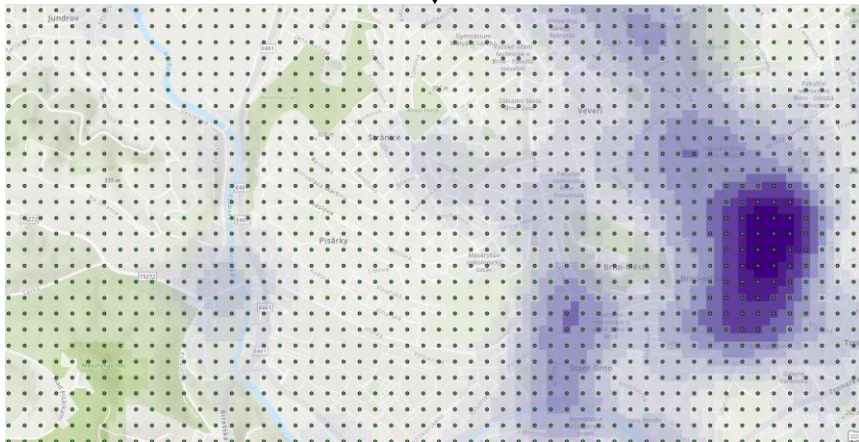
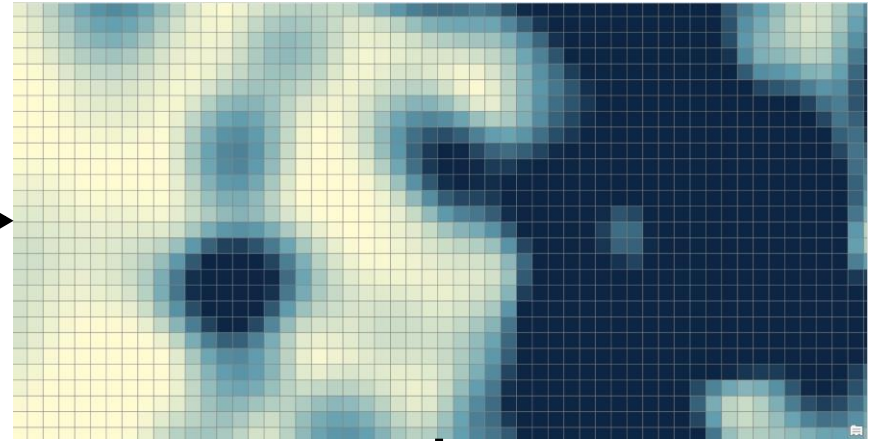
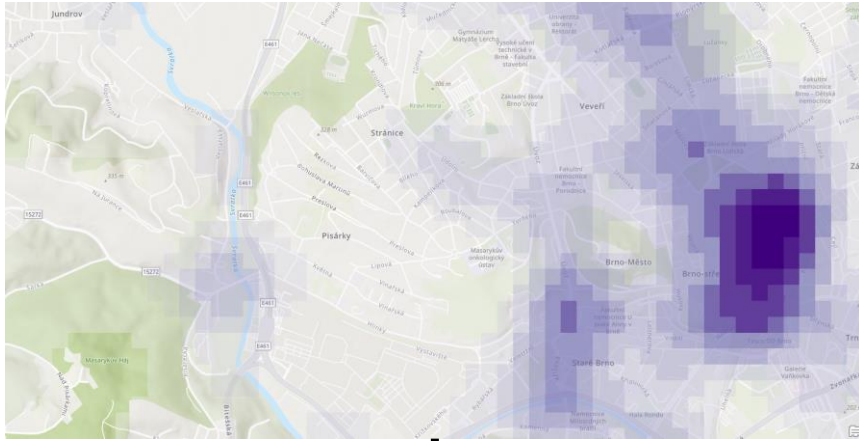


Velikost buňky: 100 m  
Dosah: 500 m



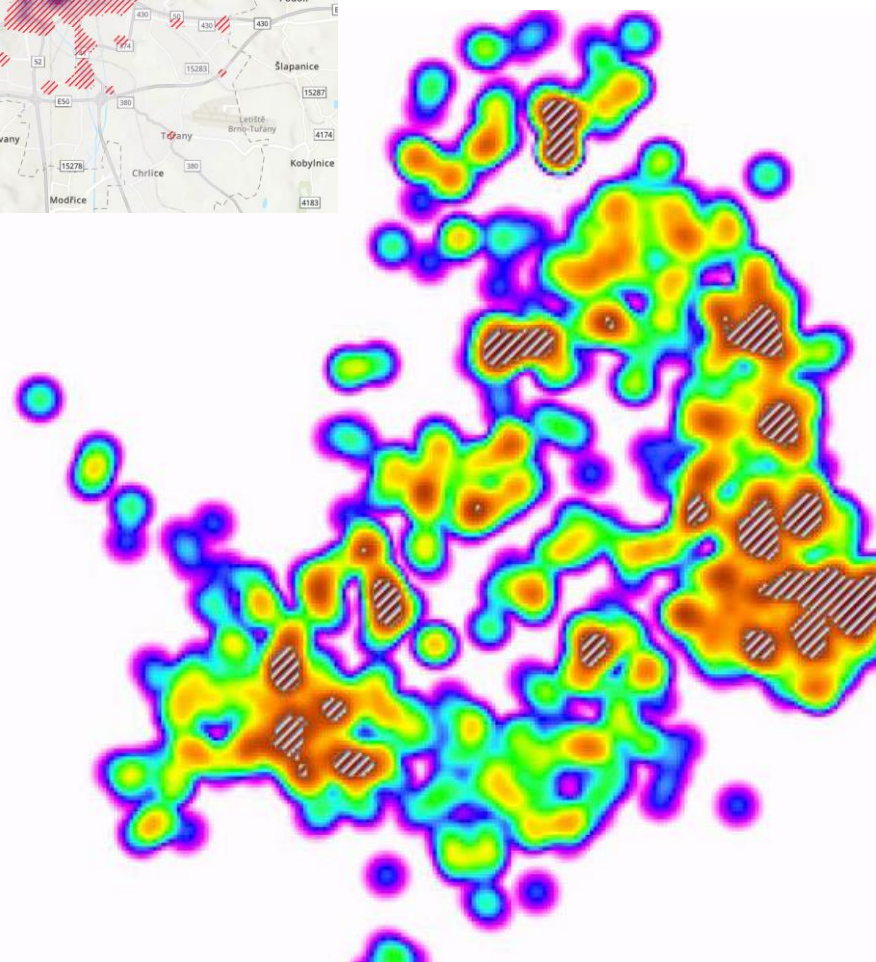
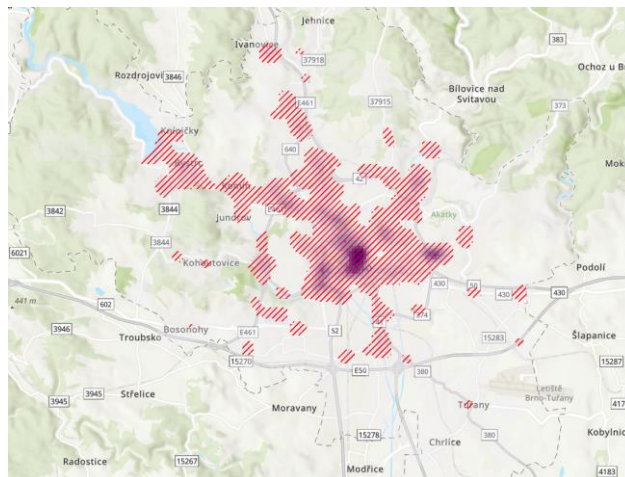


# Jak to udělat prakticky?



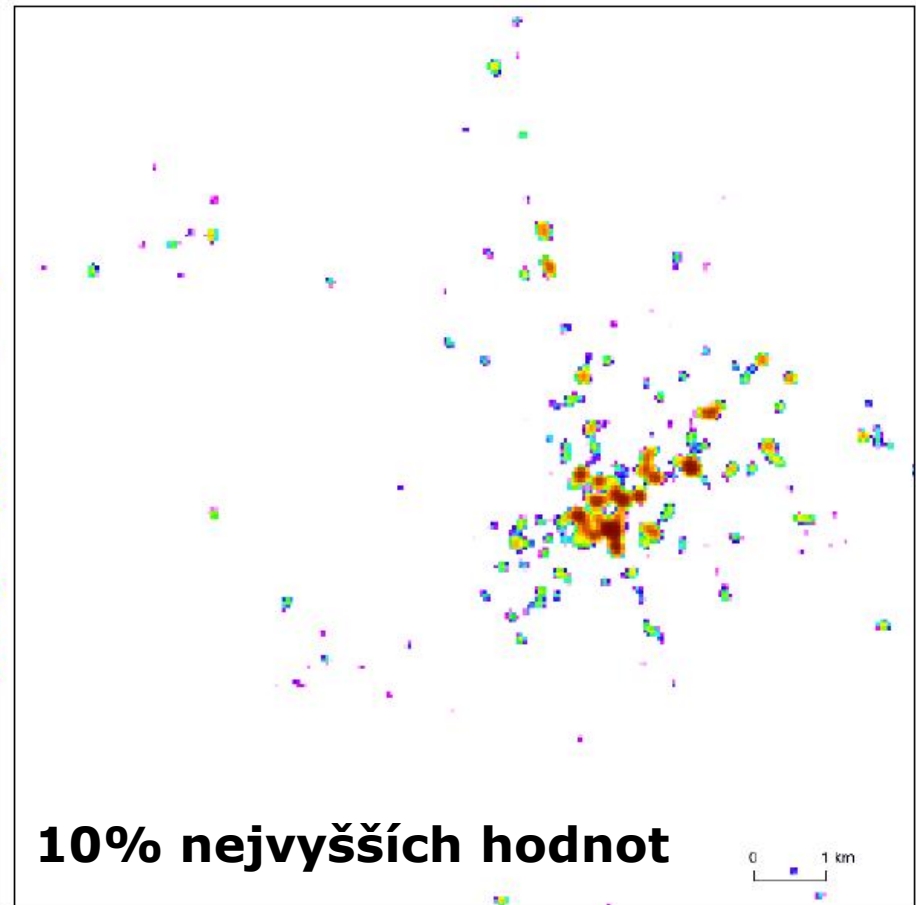
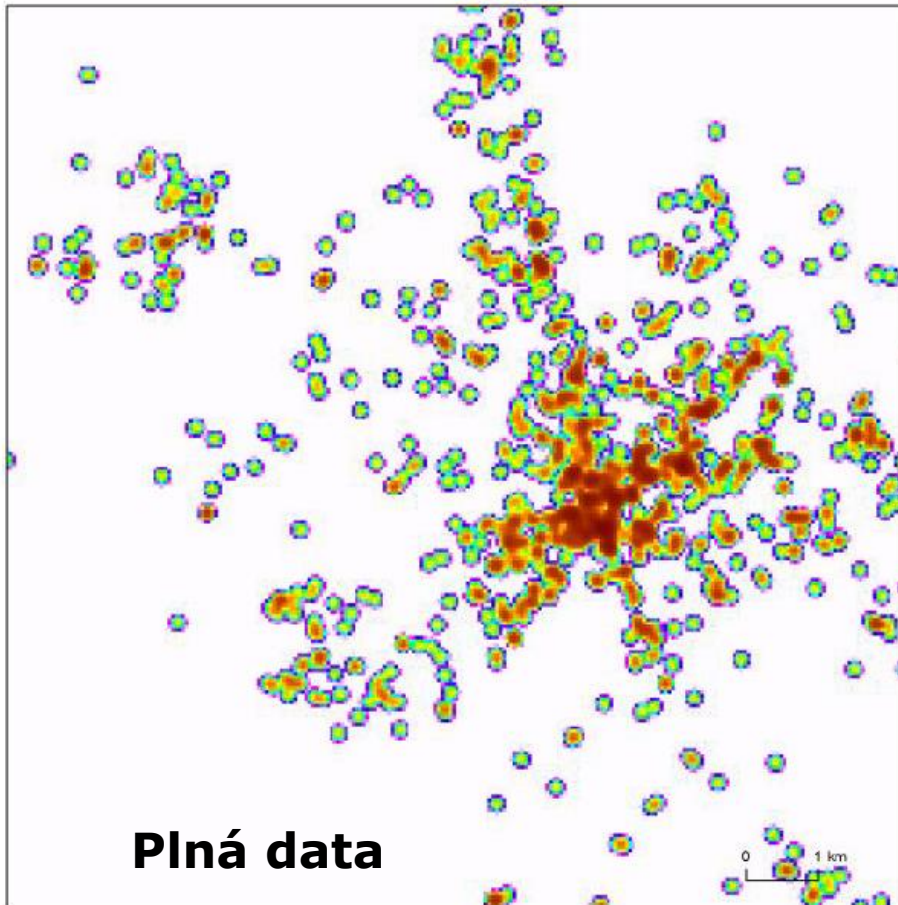
# Statistická významnost – vylepšení

- Jak zlepšit zacílení na významné oblasti?
- Testovat statistickou významnost jen na nejvyšších hodnotách.
- Kombinovaný postup, z výsledku jádrového vyhlazení vybereme jen 20 % nejvyšších hodnot a z těchto hodnot vybereme jen statisticky významné výsledky metodou  $G_i^*$ .



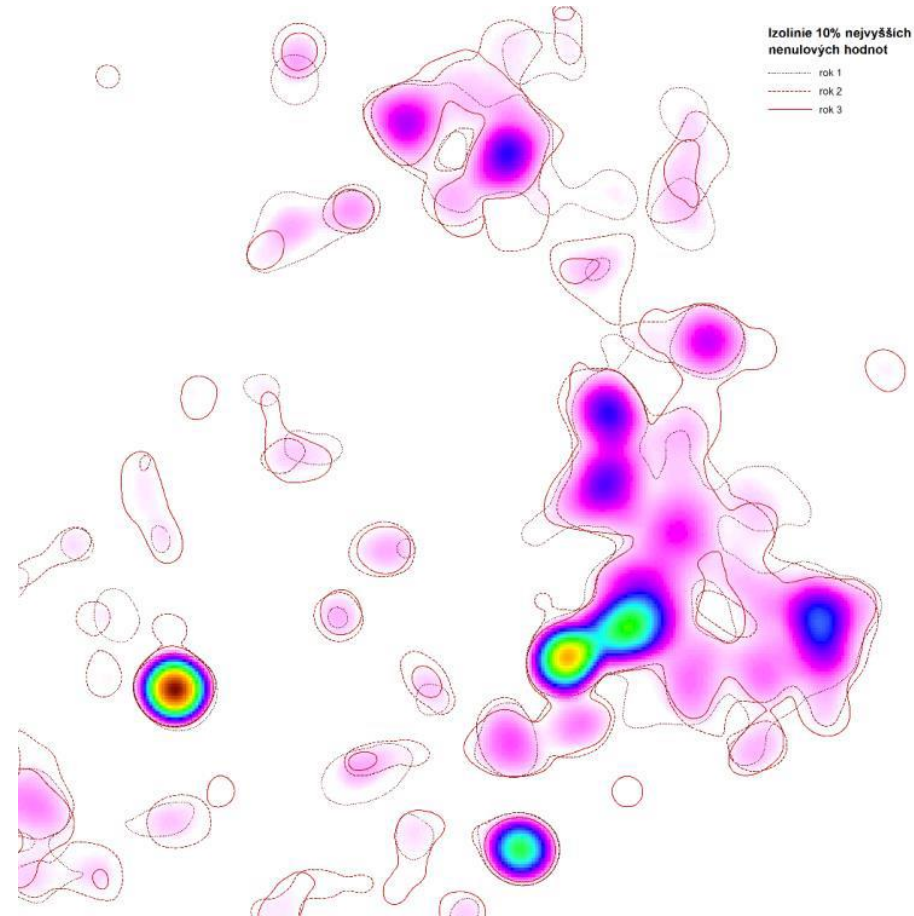
# POSTPROCESSING A VIZUALIZACE

- Vizuální omezení – podpora rozhodování dle zadání a uživatelské skupině.



# Vizualizace – „alternativní“

- Metody zobrazení
  - Vícebarevné
  - 3D
  - Izolinie
- Škály?
- Podklad
  - Topografická mapa
  - Ortofoto
  - ...

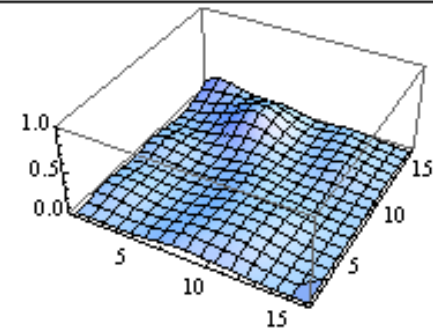
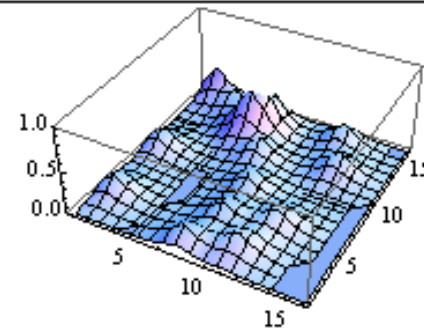
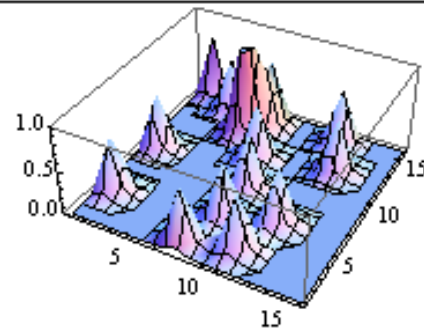
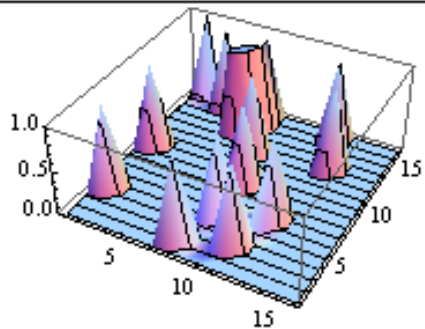


Original

Radius=1

Radius=2

Radius=3



# Vizualizace – empirické testování

- Nétek, Pour & Slezáková (2018): Implementation of Heat Maps in Geographical Information System – Exploratory Study on Traffic Accident Data. <https://doi.org/10.1515/geo-2018-0029>
  - Most of the users chose bright colors with a **negative feeling**, such as **red**, for traffic accident visualization.
  - The best settings for transparency was identified to be around **50%**.
  - The final questions were about map **readability based on radius**. This setting is **tied to mapscale** but follows a common trend throughout the research.

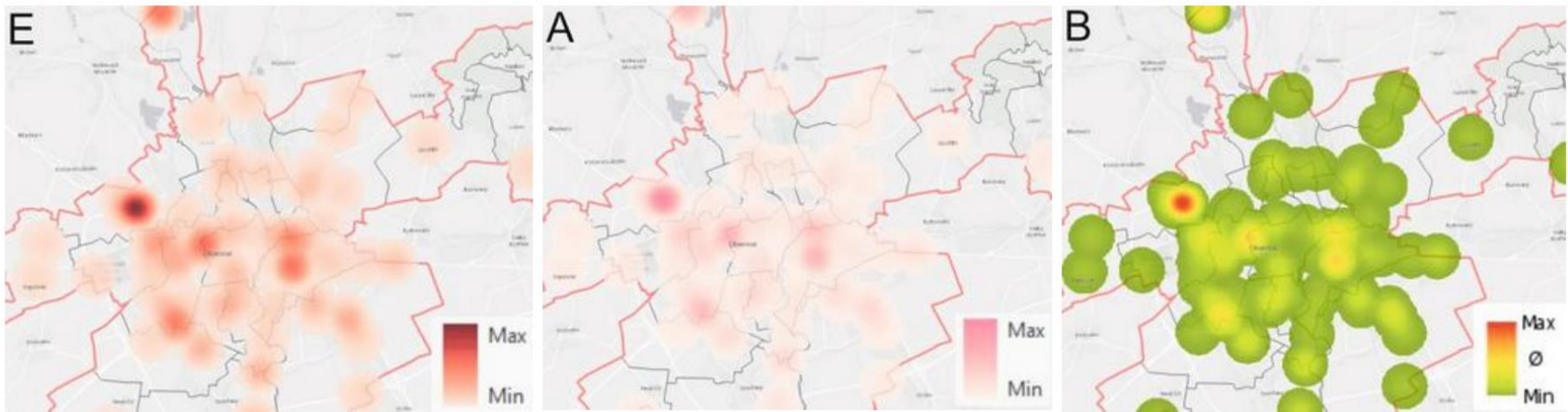


Figure 10: Three most preferred color ranges according to carto group

# Zdroje

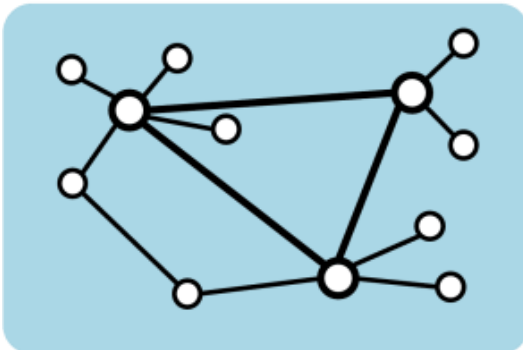
- <https://gistbok-topics.ucgis.org/AM-03-008>
- IVAN, I., HORÁK, J. (2015): Metodika identifikace anomálních lokalit kriminality pomocí jádrových odhadů. Dostupné z: [http://gisak.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2016/sbornik/papers/gis2016568b7fa9bf442.pdf](http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2016/sbornik/papers/gis2016568b7fa9bf442.pdf)
- NÉTEK, R., POUR, T., SLEZÁKOVÁ, R. (2018): Implementation of Heat Maps in Geographical Information System – Exploratory Study on Traffic Accident Data. Open Geosciences. <https://doi.org/10.1515/geo-2018-0029>
- HORÁK, Jiří. Prostorové analýzy dat. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-4368-1. [https://homel.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD\\_skripta2022.pdf](https://homel.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD_skripta2022.pdf)

# PROSTOROVÉ ANALÝZY LINIOVÝCH DAT

- Statistický popis sítí
- Síťová analýza – zde pouze „stručně“ a „motivačně“ – **více viz *Aplikovaná geoinformatika***
- **Velmi často používáno v dopravě**
  - mapování silničních a uličních sítí,
  - Logistika,
  - navigační systémy,
  - inteligentní mobilita, atd.
  - ...

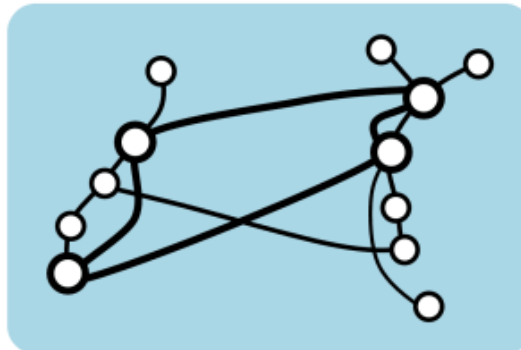
# GEOINFORMATIKA V DOPRAVĚ

**Air Networks**



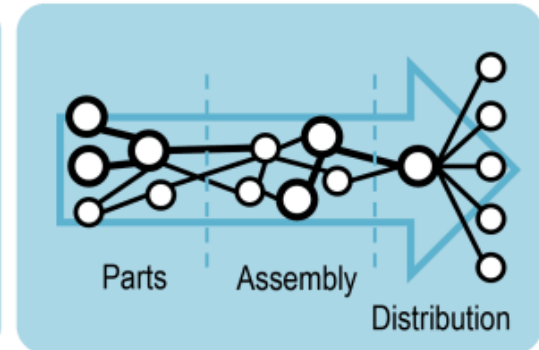
Nodal hierarchy (hub-and-spoke)

**Maritime Networks**



Circuitous nodal hierarchy

**Logistical Networks**



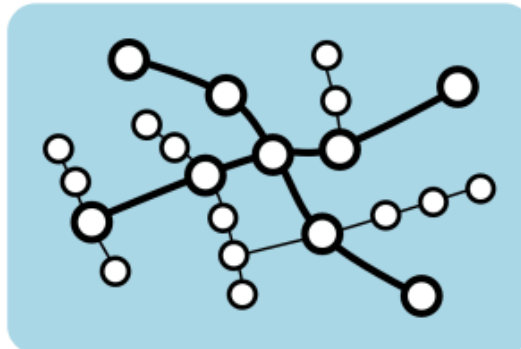
Sequential multi-nodal hierarchy

**Road Networks**



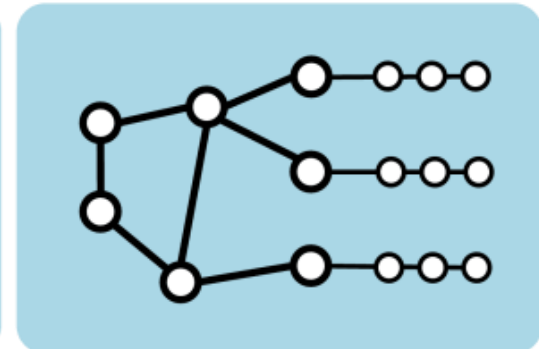
Hierarchical meshes

**Rail Networks**



Linear nodal hierarchy

**Power Grids**



Sequential linear hierarchy



# Statistický popis sítí

- Síť, hrany a uzly (nódy)
- Deskriptory:
  - síť jako celku: Gama index, Alfa index
  - relací jednotlivých segmentů sítě: stupeň uzlu (nodalita), accessibility (dostupnost hran)
- Základním topologickým aspektem sítě je způsob propojení jednotlivých segmentů – **konektivita**
- Matice konektivity

*Tabulka 3.3 Matice konektivity a dostupnost hran v rámci sítě*

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUMA
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2

# Konektivita

- Matice konektivity shrnuje informaci o tom, které segmenty sítě spolu souvisí (jsou bezprostředně spojeny).
- Lze však charakterizovat i úroveň konektivity sítě jako celku.
- Pro fixní počet vrcholů má síť s větším počtem spojů lepší konektivitu. Dále existuje **minimální počet spojů**, který zajišťuje spojení všech vrcholů.

$$e_{\min} = v - 1$$

- $v$  – počet vrcholů sítě,  $e$  – počet hran sítě potom:
- **Minimálně propojená síť** (Minimally conneted network – MCN): odstraníme-li jakoukoliv jednu hranu, síť se rozpadne na dvě části (subsystémy).
- **Beta index**: podíl počtu hran a počtu vrcholů
  - Jednoduché sítě a stromy mají hodnotu menší než 1, komplexní sítě mají hodnotu vyšší než 1.

$$\beta = \frac{e}{v}$$

# Gamma index

- Poměr aktuálního a maximálního počtu vrcholů sítě

$$\gamma = \frac{e}{e_{\max}}$$

- **Maximální počet hran** lze vypočítat pro zadaný počet vrcholů, které spojují všechny vrcholy. Tedy maximální počet hran v síti o  $v$  vrcholech:

$$e_{\max} = 3(v - 2)$$

- Hodnoty gama indexu jsou mezi 0 a 1, kde hodnota 1 označuje zcela propojenou síť je velmi nepravděpodobná.
- Gama index je efektivní hodnota pro popis vývoje sítě v čase.

# Alfa index

- Další jednoduchou charakteristikou konektivity sítě je počet okruhů. Výskyt okruhů v síti značí možnost dostat se z jednoho místa do jiného alternativními cestami.
- Síť s minimální konektivitou nemá žádný okruh.
- **Počet okruhů** lze zjistit tak, že od aktuálního počtu hran v síti odečteme počet hran potřebný pro minimálně propojenou síť (MCN), tedy  $e-(v-1)$  nebo  $e-v+1$ .
- Obdobně pro daný počet vrcholů je **maximální počet okruhů** roven  $2v-5$ .
- S oběma uvedenými počty okruhů lze vytvořit poměr aktuálního počtu k počtu maximálnímu – tedy tzv. **alfa index**

$$\alpha = \frac{e - v + 1}{2v - 5}$$

- Stromy a jednoduché sítě budou mít hodnotu indexu 0. Hodnota 1 značí kompletně propojenou síť.
- Alfa index měří úroveň konektivity sítě nezávisle na počtu uzlů.

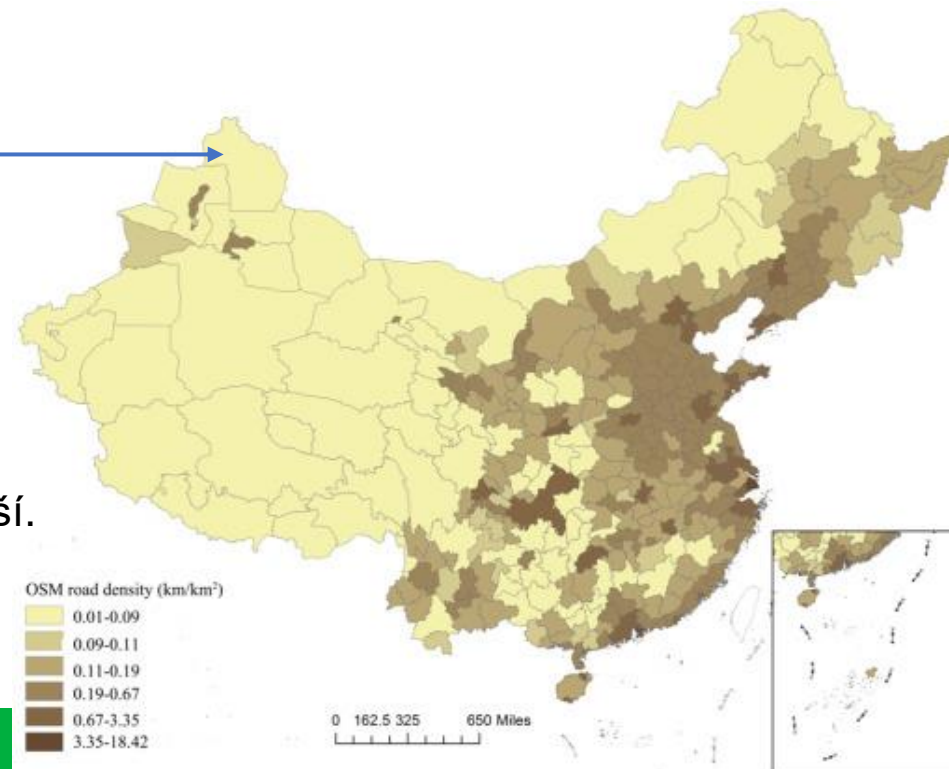
# Křivolakost

- Skutečná délka linie dělena vzdáleností počátečního a koncového bodu
- ENG: **Detour index** = *actual route distance / straight line distance* × 100/1
- Lze aplikovat jak na jednotlivé linie (silnice, železnice), tak na celé sítě
- Prakticky např. zde: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=a-pn6ud7lfl>

# Hustota sítě

- L: Délka linií (km),
- S: plochu (km<sup>2</sup>).
- Čím je síť hustší, tím je území rozvinutější.

$$ND = \frac{L}{S}$$



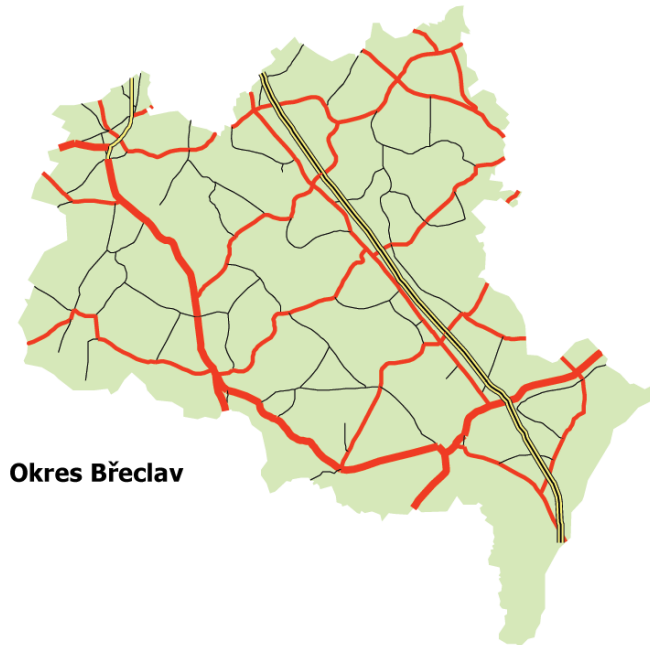
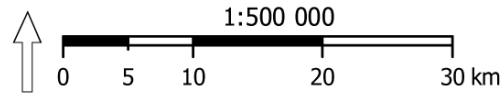
# Nodalita, dostupnost hran






- Jedná se o charakteristiku jednotlivých vrcholů či hran sítě.
- Popisuje jejich dostupnost v rámci sítě.
- Jednoduchým ukazatelem dostupnosti hrany v rámci sítě je, s kolika jinými hranami daná linie přímo souvisí.
- Tuto informaci lze vyčíst z binární matice konektivity, pokud tuto doplníme řádkovým součtem.

*Tabulka 3.3 Matice konektivity a dostupnost hran v rámci sítě*

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUMA
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2

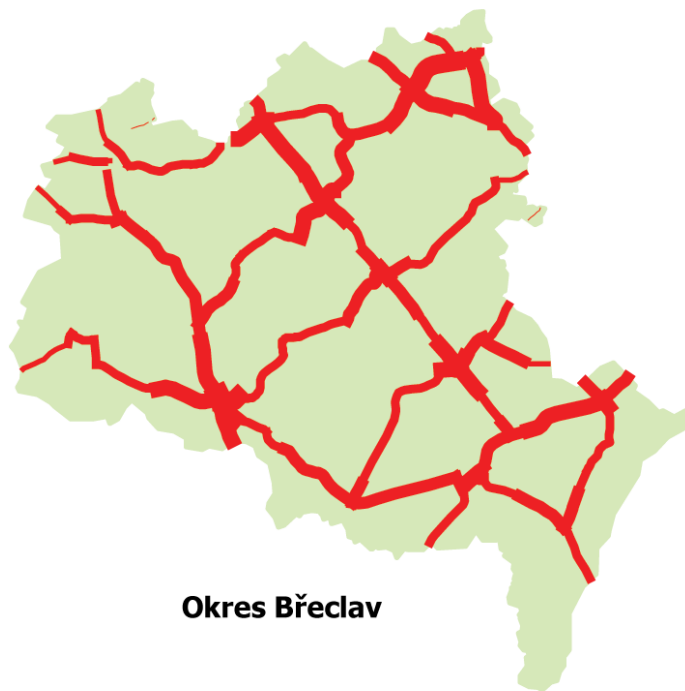
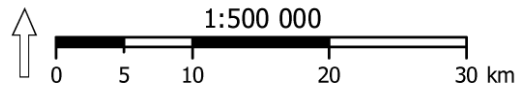
# SROVNÁNÍ SÍTĚ KOMUNIKACÍ VE VYBRANÝCH OKRESECH ČR



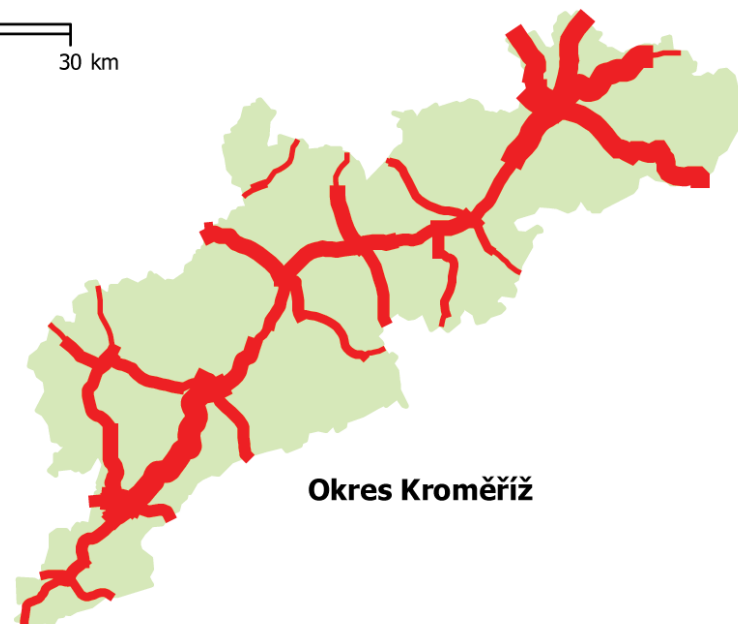
-  dálnice
  -  rychlostní silnice
  -  silnice 1. třídy
  -  silnice 2. třídy
  -  okresní silnice
- } použity pro další výpočty

Lukáš HERMAN, 4. ročník KART  
Geografický ústav PŘF MU Brno  
Vytvořeno v dubnu 2010 v Brně  
Zdroj dat: databáze ArcČR  
Použité zobrazení: S-42

# SROVNÁNÍ SÍTÍ KOMUNIKACÍ VE VYBRANÝCH OKRESECH ČR



**Okres Břeclav**



**Okres Kroměříž**

## Okres Břeclav

Počet hran: 103  
 Počet uzlů: 102  
 Alfa index: 0,01005036  
 Gama index: 0,343333

## Okres Kroměříž

Počet hran: 62  
 Počet uzlů: 62  
 Alfa index: 0,00840336  
 Gama index: 0,344444

## Počet přímých spojů

	Břeclav	Kroměříž
	2	0
	7	10
	37	12
	30	18
	22	12
	3	6
	2	4

Lukáš HERMAN, 4. ročník KART  
 Geografický ústav PŘF MU Brno  
 Vytvořeno v dubnu 2010 v Brně  
 Zdroj dat: databáze ArcČR  
 Použité zobrazení: S-42



# ZDROJE

- HORÁK, Jiří. Prostorové analýzy dat. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-4368-1. [https://home1.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD\\_skripta2022.pdf](https://home1.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD_skripta2022.pdf)
- <https://transportgeography.org/contents/chapter2/geography-of-transportation-networks/>
- <https://transportgeography.org/contents/methods/graph-theory-measures-indices/>
- <https://www.geographynotes.com/articles/4-important-measures-of-transport-networks-with-diagram/165>
- Materiály předmětu Z6101 Základy geostatistiky

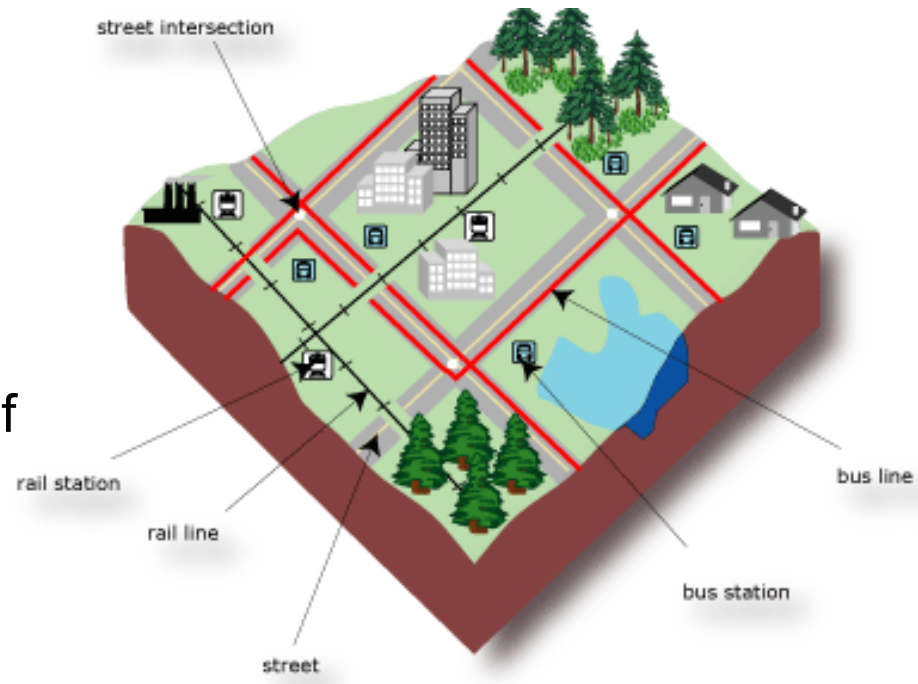
# Sít'ové analýzy

- hledání nejkratší – **viz Aplikovaná geoinformatika**
- optimální trasy
- stanovení obsluhovaných oblastí
- analýza nejbližšího střediska obsluhy či zařízení
- matice nákladů – náklady pro přesun zboží mezi dvojicí bodů
- obslužnost bodů více auty
- vytvoření cestovního itineráře



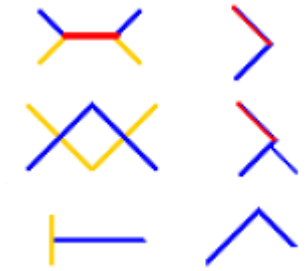
# Síťový dataset

- uzly, hrany
- hranově / uzlově ohodnocený graf
- orientovaný graf, planární graf
- pravidla konektivity (propojení)
- atributy síťového datasetu:
  - Usage Type (role atributu):
    - Cost – náklad (časová délka)
    - descriptors – vlastnost hrany (počet jízdních pruhů)
    - restrictions – omezení směru (jednosměrka)
    - hierarchy – priority hrany (třída silnice)
  - Units, Data Type, Use by Default



# Tvorba síťového datasetu

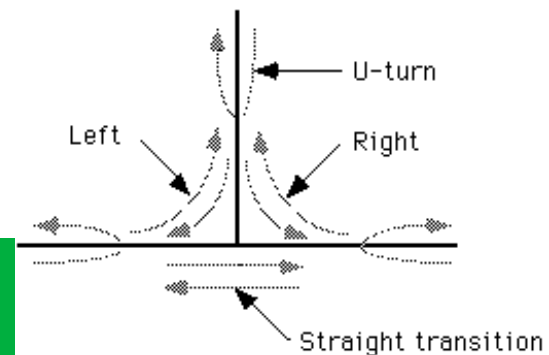
- kontrola a oprava topologie
  - Must Not Have Pseudonodes
  - Must Not Overlap, Must Not Self-Overlap
- File database > New... > Network dataset > Network dataset wizard
- politika propojení hran (Endpoint Connectivity)
- pravidla odbočování (Global Turns)
- přidání a nastavení parametrů (Evaluators)



- Lze využít existující (př.: ArcGIS Pro), **ale ....**

- **Návod pro ArcGIS Pro např. zde:**

<https://www.youtube.com/watch?v=1gxGBIsiWsw>



# Tvorba síťového datasetu

- **Rychlost** = náhrada (doplňěk, povinný atribut) za(ke) vzdálenost(i) při tvorbě analýz
- Slouží k výpočtu časové zátěže pro dané úseky a posléze také časové dostupnosti
- Často se vychází z limitů (doporučených/průměrných...) rychlostí na jednotlivých třídách komunikací

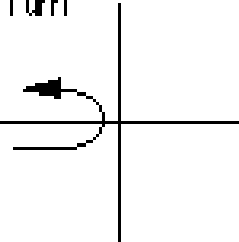
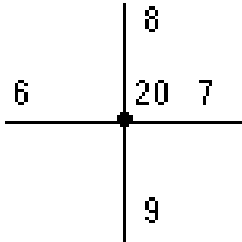
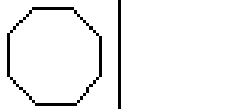
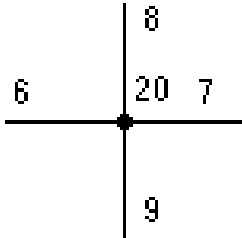

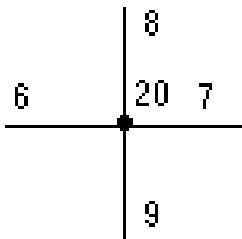
Tab. 2 Číselník průměrných rychlostí používaných na jednotlivých typech segmentů sítě silničních komunikací u původního a zpřesněného modelu sítě silničních komunikací (Převzato od PEŇÁZ, T. 2005, str. 4)

Způsob využití komunikace	Původní postup (2003)	Zpřesněný (aktuální) postup (2004)
	Průměrná dopravní rychlost [km.hod <sup>-1</sup> ]	Průměrná dopravní rychlost [km.hod <sup>-1</sup> ]
dálniční typ	85	85
silnice 1. kategorie	75	75
silnice 2. kategorie	55	55
hlavní průjezd	40	40
ulice	35	35
účelová komunikace (vč. silnic 3. kategorie)	zahrnuto do „ostatní“	40
zpevněná cesta	zahrnuto do „ostatní“	20
přemostěná železnice	zahrnuto do „ostatní“	30
ostatní	30	20

# Hranově a uzlově ohodnocený graf

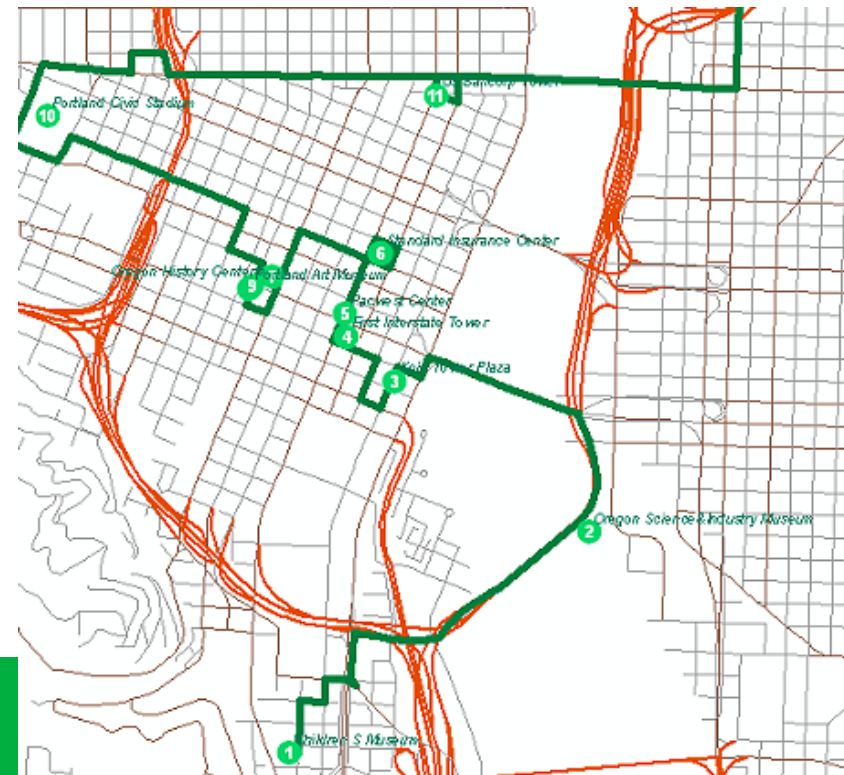
0 = No Impedance

-1 = No Turn

Situation	Representation	Turntable																				
U-Turn 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>180</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	6	180	20										
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	6	180	20																		
Stop sign 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>90</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>-90</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	7	0	15	20	6	8	90	20	20	6	9	-90	10
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	7	0	15																		
20	6	8	90	20																		
20	6	9	-90	10																		
No Right Turn 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>-90</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>90</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	9	-90	-1	20	6	7	0	5	20	6	8	90	10
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	9	-90	-1																		
20	6	7	0	5																		
20	6	8	90	10																		

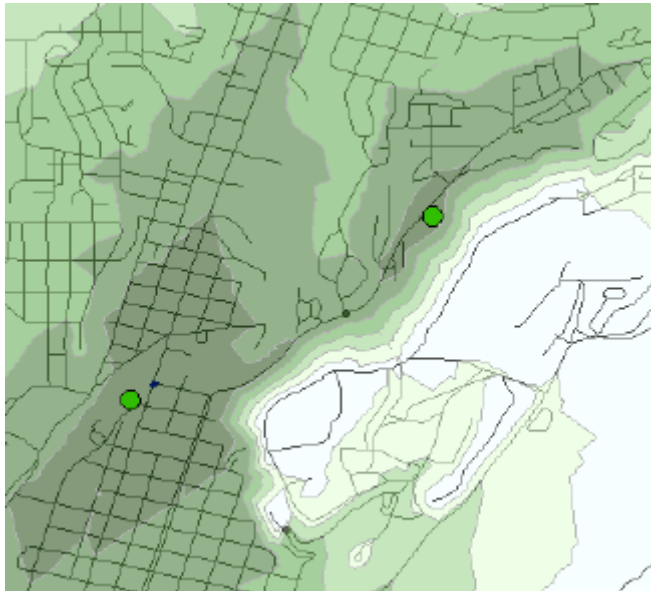
# Optimální cesta

- úloha obchodního cestujícího (úloha minimálního Steinerova stromu)
- rozšíření nejkratší/nejrychlejší cesty, spojení více bodů – hledá se nejvýhodnější pořadí

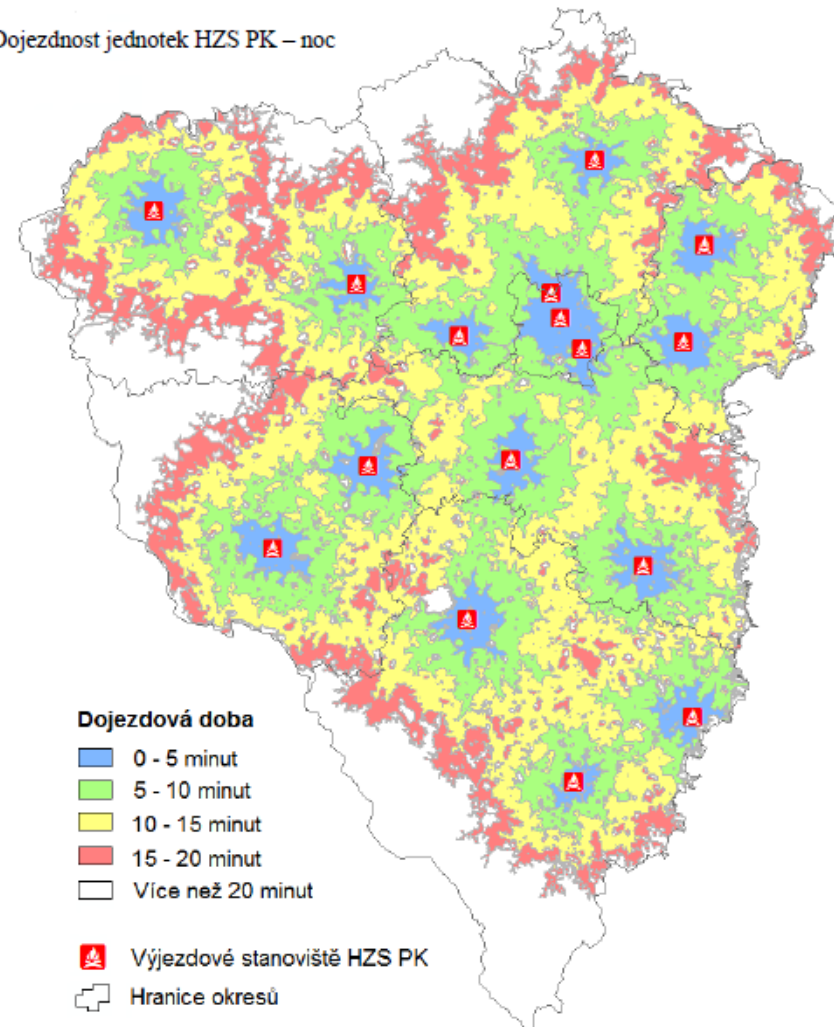


# Obsluhované oblasti

- vytváří areály dané potřebnými náklady na cestu ze střediska služeb (Facilities)

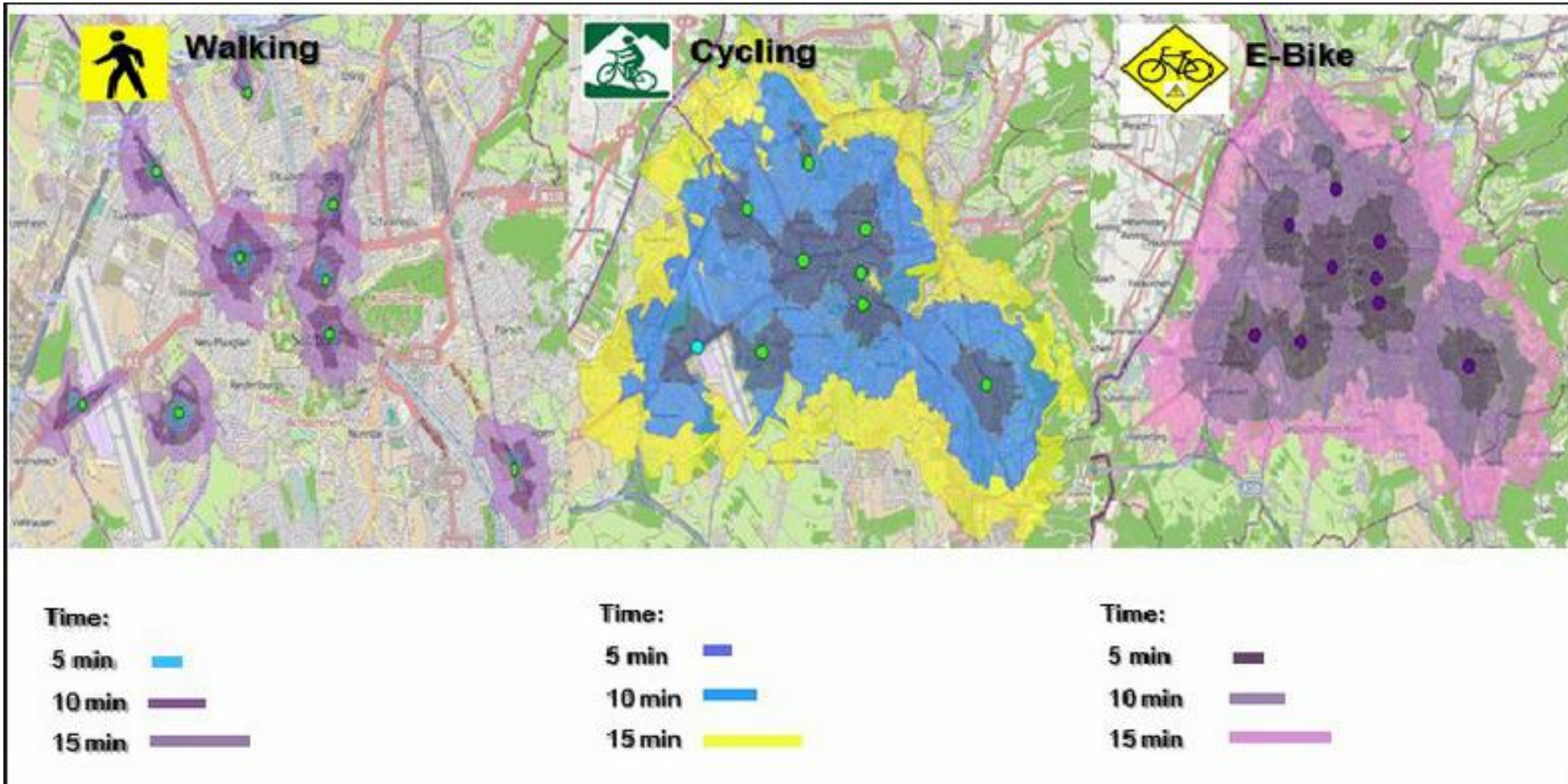


Dojezdnost jednotek HZS PK – noc





# Obsluhované oblasti

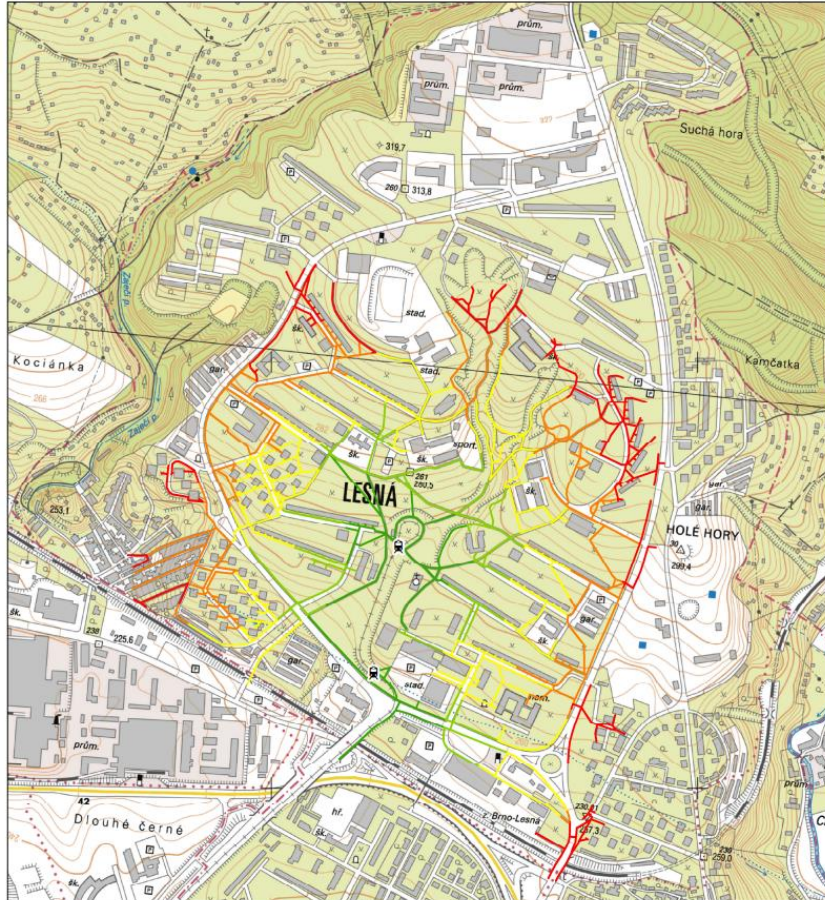


# Obsluhované oblasti

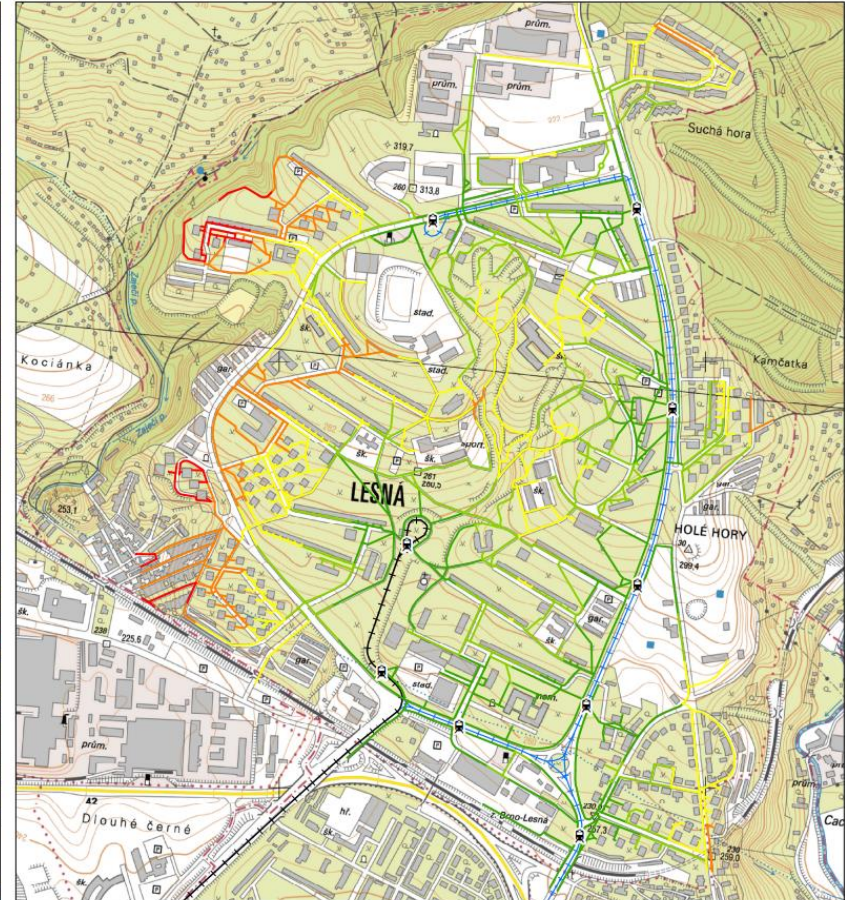
ČASOVÁ DOSTUPNOST TRAMVAJOVÝCH ZASTÁVEK NA LESNÉ  
PRO VĚKOVOU KATEGORII 45 - 64 LET

<https://is.muni.cz/auth/th/aujpp/>

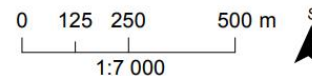
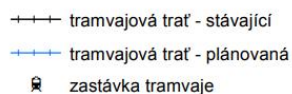
PŘED DOSTAVBOU TRAMVAJOVÝCH TRATÍ



PO DOSTAVBĚ TRAMVAJOVÝCH TRATÍ



Čas chůze [s]

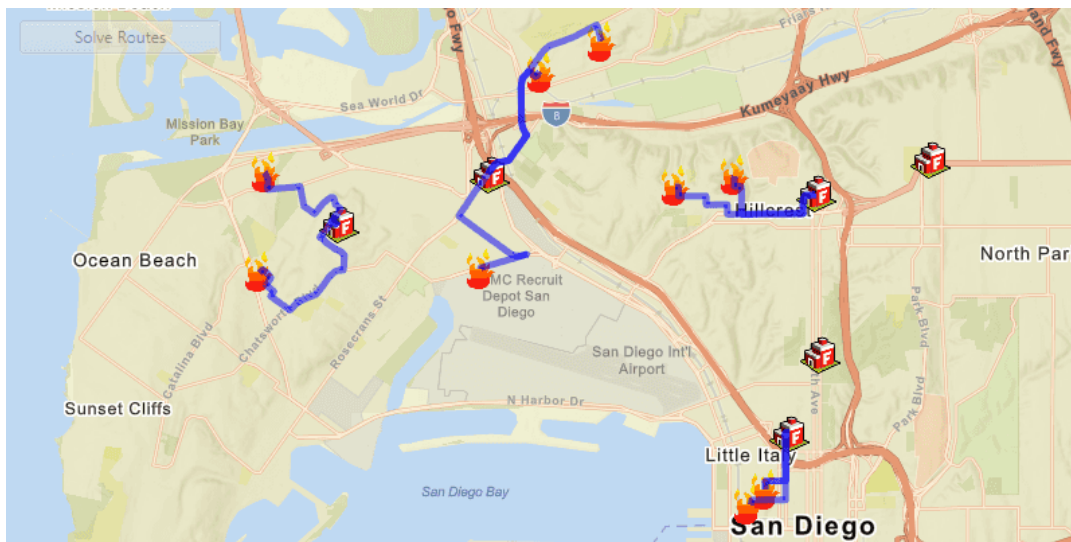


Martin VRÁNA, 405777  
Geografický ústav, PFF MU  
Brno, 2015

Zdroj dat: Vlastní měření, ČÚZK: WMS ZM10  
Zobrazení: S-JTSK Křivák

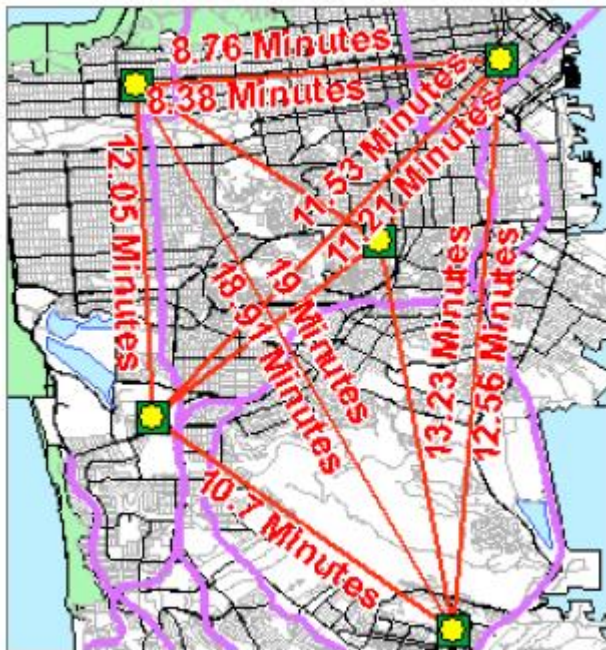
# Nebližší středisko obsluhy

- hledá cestu mezi místem (Incident) a servisními středisky (Facilities)
- opačný přístup než předcházející obsluhované oblasti



# „OD“ matice

- Origin – Destination Cost Matrix
- Vytváří matici nákladů na cestu z bodu do ostatních bodů (Facilities)

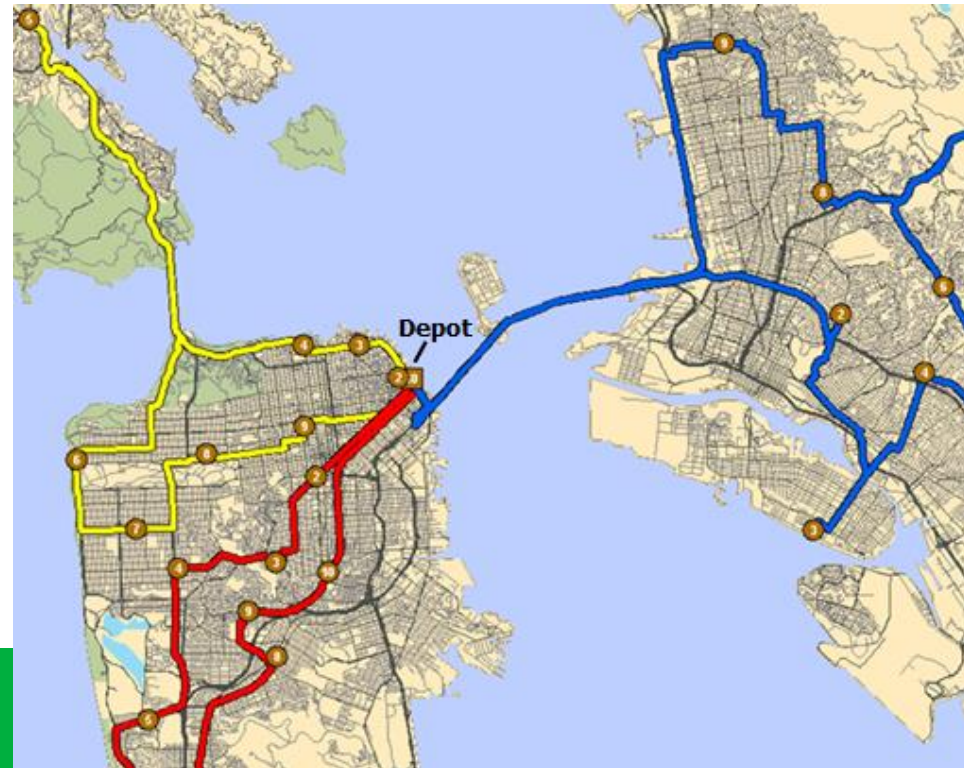
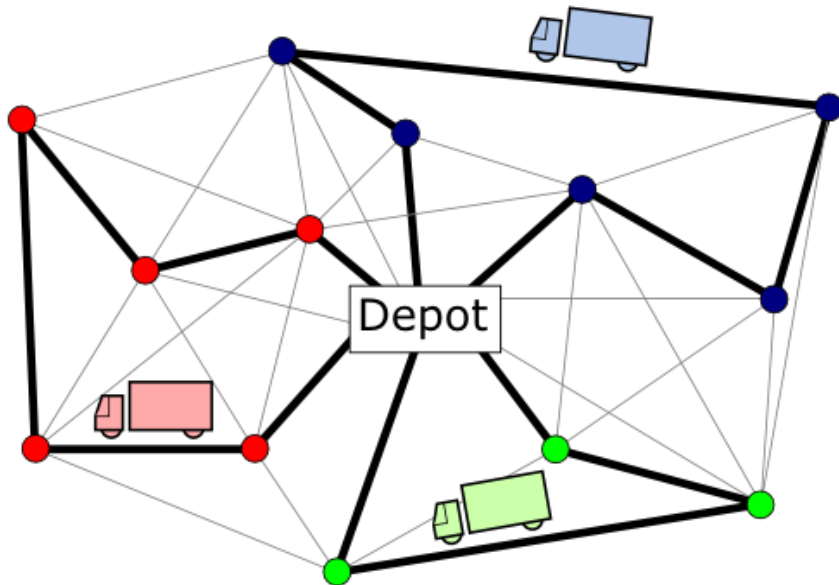


Washington, DC

			Chicago	San Francisco	Toronto
				3438	830
	New York	1260	4908	885	
Boston	338	1537	4952	908	
Washington, DC	694	359	1084	4662	900

# Obslužnost bodů více auty

- „Rozvozní problém“, stanovení optimálních tras pro jednotlivé auta
- výpočetně nejnáročnější



# „Loccation – allocation“

- Řešíme vhodné umístění různých zařízení
- Minimalizování impedance (zátěže), maximalizování pokrytí, minimalizování zařízení, maximalizování návštěvnosti, maximalizování podílu na trhu, cílový podíl na trhu



# Zdroje

- <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm>
- SLADKÝ, J. (2009). Síťové analýzy v GIS pro složky IZS.  
[http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky\\_Sitove\\_analyzy\\_v\\_GIS\\_pro\\_slozky\\_IZS\\_DP.pdf](http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky_Sitove_analyzy_v_GIS_pro_slozky_IZS_DP.pdf)
- VRÁNA, M. (2015) Ta zastávka je ale daleko...  
<https://is.muni.cz/auth/th/aujpp/>
- ZBRANEK, R. (2010): Logistika svozu odpadů v Olomouci.  
<http://theses.cz/id/emr5ky/>