

MUNI
SCI

GIS4SG

Popisná statistika bodových dat

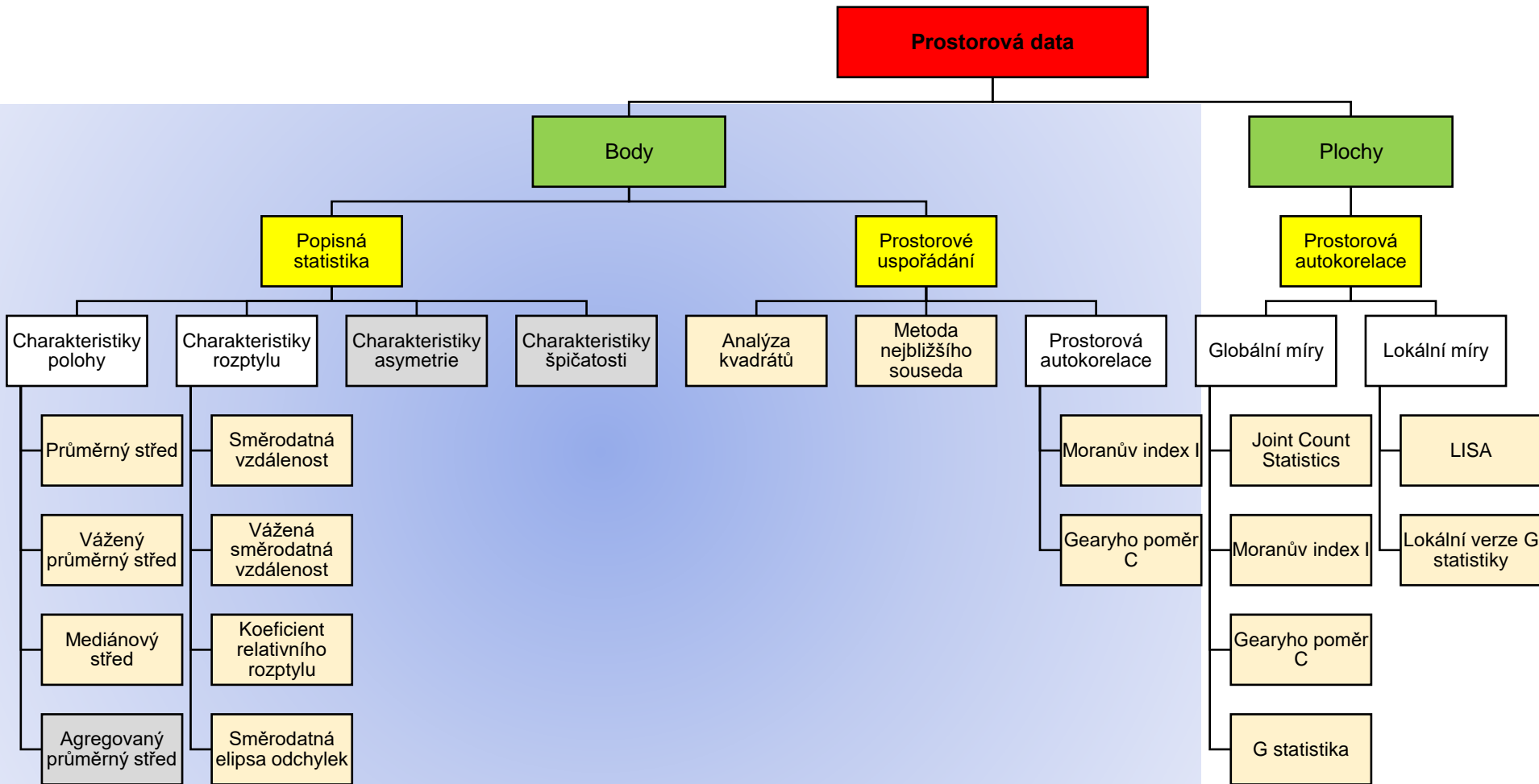
Statistický popis prostorového uspořádání bodů

podzim 2024

Lukáš Herman

herman.lu@mail.muni.cz

Prostorová statistiky bodových dat

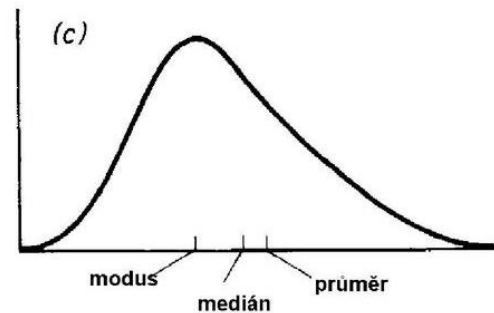


Popisná statistika bodových objektů

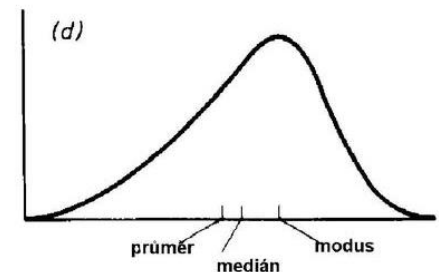
- Charakteristiky polohy
- Charakteristiky rozptylu
- Charakteristiky asymetrie = šikmosti
- Charakteristiky špičatosti



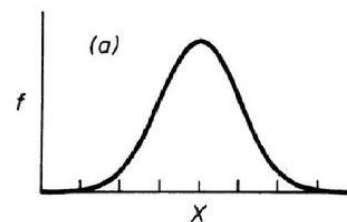
Pozitivní šikmost:



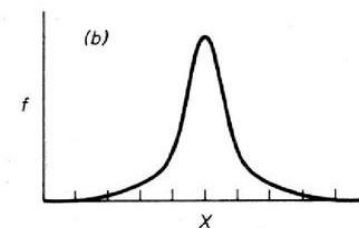
negativní šikmost:



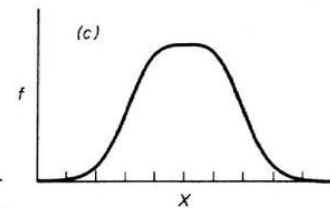
Normální špičatost:



nadnormální:



podnormální:

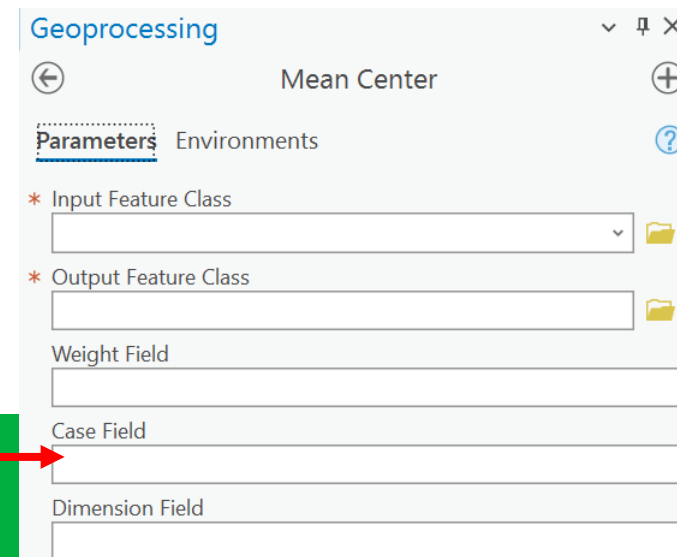
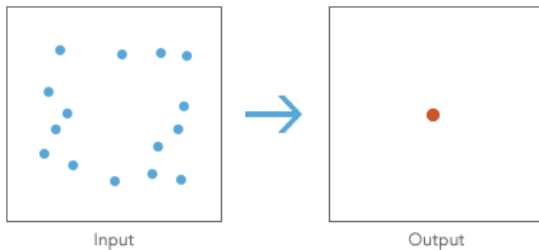


Charakteristiky polohy

- Průměrný střed (mean center)
- Vážený průměrný střed (weighted mean center)
- Agregovaný průměrný střed
- Mediánový střed (median center)

Průměrný střed

- Průměrný střed leží na průměru souřadnic X a Y.
- Vzorec:
 - $X_{\text{průměr}} = \text{Součet hodnot X souřadnic všech bodů} / \text{počet bodů}$
 - $Y_{\text{průměr}} = \text{Součet hodnot Y souřadnic všech bodů} / \text{počet bodů}$
- Má stejné nevýhody jako aritmetický průměr – je to především citlivost na extrémní hodnoty.
 - Například v případě shlukového uspořádání bodů průměrný střed dobře nereprezentuje množinu bodů



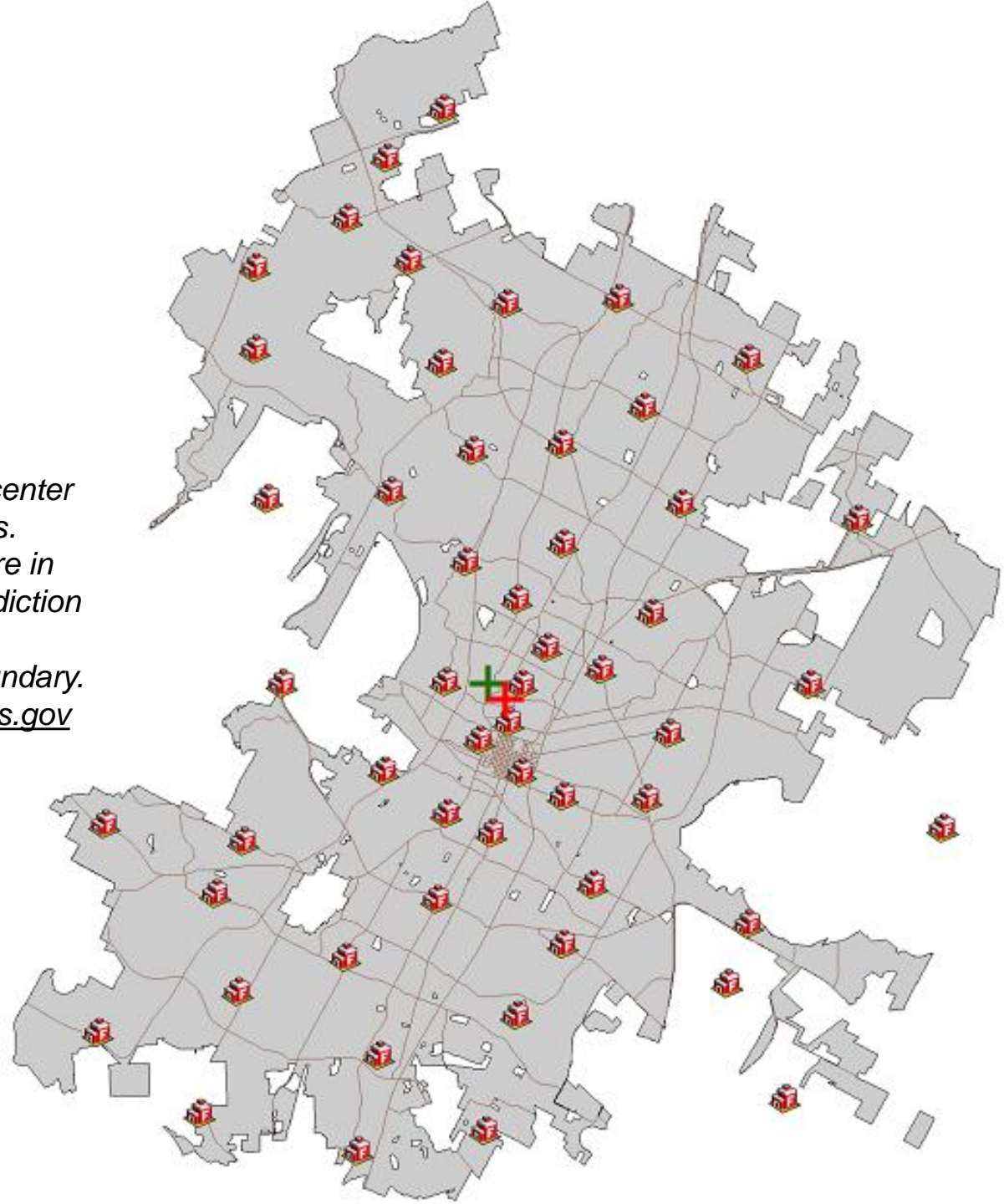
Rozčlenění bodů na kategorie

Příklad

The mean center and media center of fire stations in Austin, Texas. Note that some fire stations are in the Austin extraterritorial jurisdiction (ETJ) area, and therefore are located outside of the city boundary. Data source: data.AustinTexas.gov

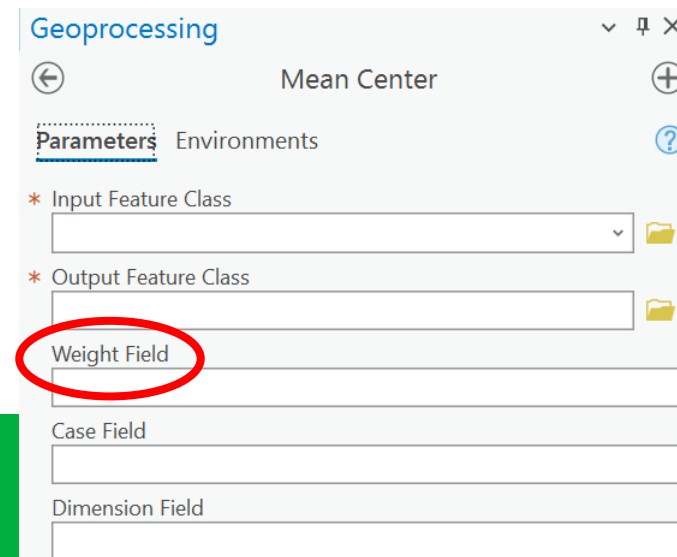
Legend

-  Median Center
-  Mean Center
-  Fire Stations
-  Major Roads
-  Austin City Boundary



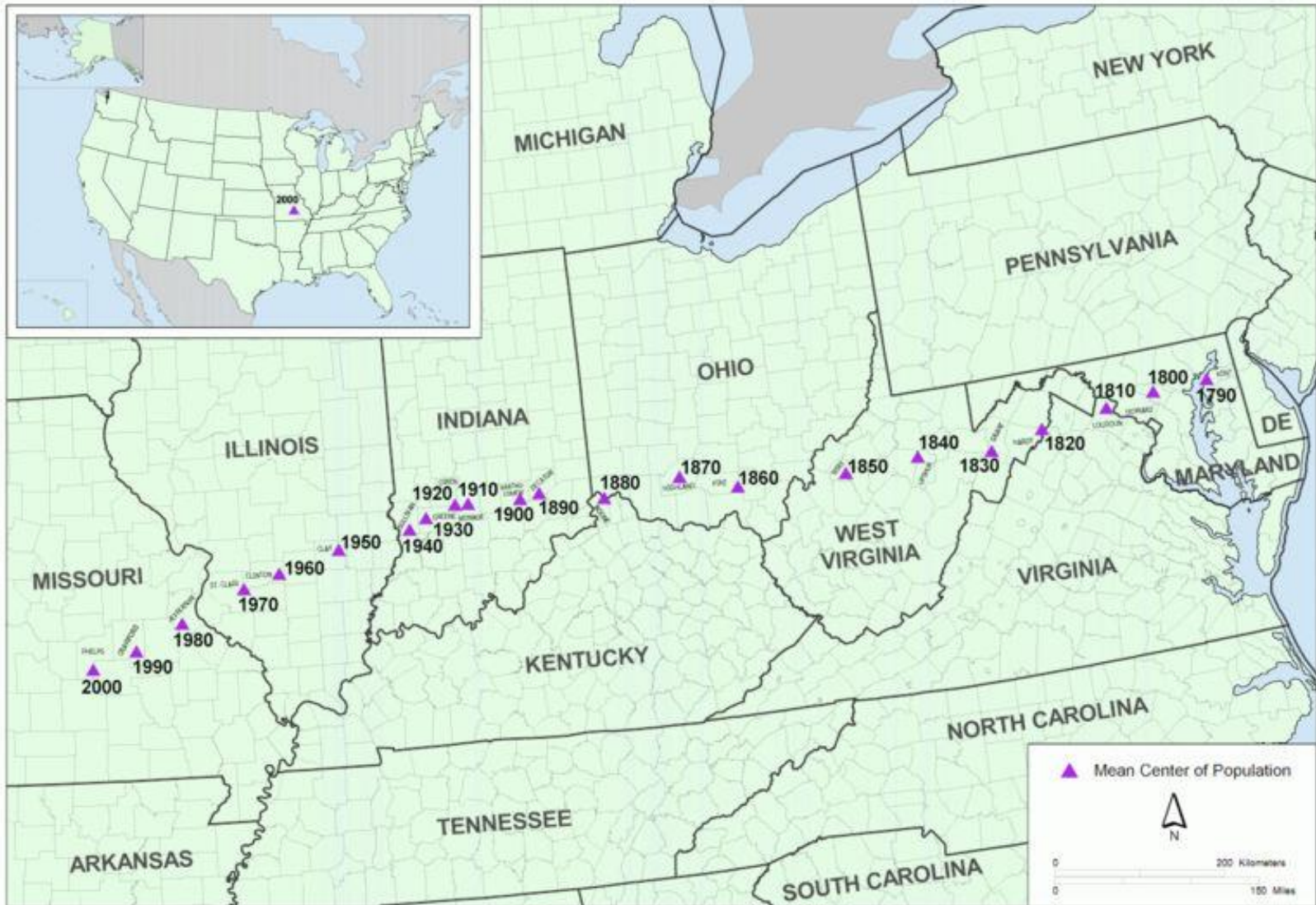
Vážený průměrný střed

- Používá se v případě výskytu více událostí/objektů na stejném místě.
- Pak má každý bod váhu přímo úměrnou počtu událostí/objektů na tomto místě.
- *Např.: při výpočtu prostorového průměru několika měst bude průměrný střed dávat realističtější představu o centrální tendenci, jestliže ho budeme vážit počtem obyvatel jednotlivých měst*



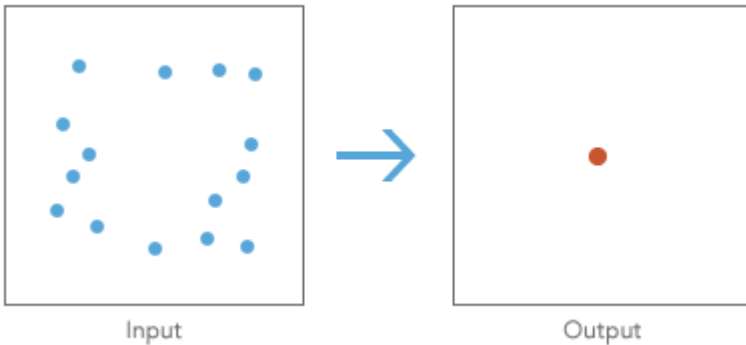
Příklad

Mean Center of Population for the United States: 1790 to 2000

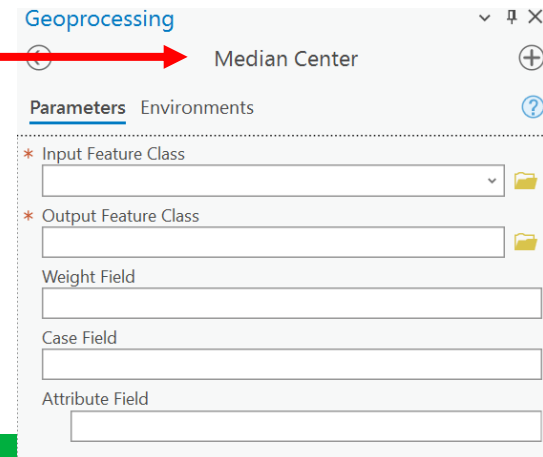


Mediánový střed

- najdeme medián na ose X a Y a vedeme z nich linie kolmé na směr osy. Takto definovaný „medián ze souřadnic“ ale nemusí odpovídat mediánu souboru bodů, protože distribuce nemusí být mezi kvadranty vyrovnaná.
- (UK): Mediánový střed je střed, kterým se studovaná plocha dělí do čtyř kvadrantů, z nichž každý obsahuje stejný počet bodů.
- (US): Mediánový střed jako střed vyžadující minimální (nejkratší) cestu. Tj. celková vzdálenost z mediánového středu do každého z bodů je minimální. Jinak řečeno – cesta z jakéhokoliv jiného místa do všech bodů oblasti bude delší než cesta z mediánového středu.



ArcGIS Pro: Identifies the location that minimizes overall Euclidean distance to the features in a dataset.



Vlastnosti charakteristik polohy

- Průměrný střed minimalizuje **sumu čtverců vzdáleností**
- Mediánový střed minimalizuje **sumu vzdáleností** – jeho interpretace je jednodušší
- Nejčastěji se využívá váženého mediánového středu (demografie)
 - Př.: *srovnání vývoje osídlení v čase*
- Charakteristiky polohy bez uvedení charakteristik rozptylu mají malou vypovídací schopnost a mohou být zavádějící

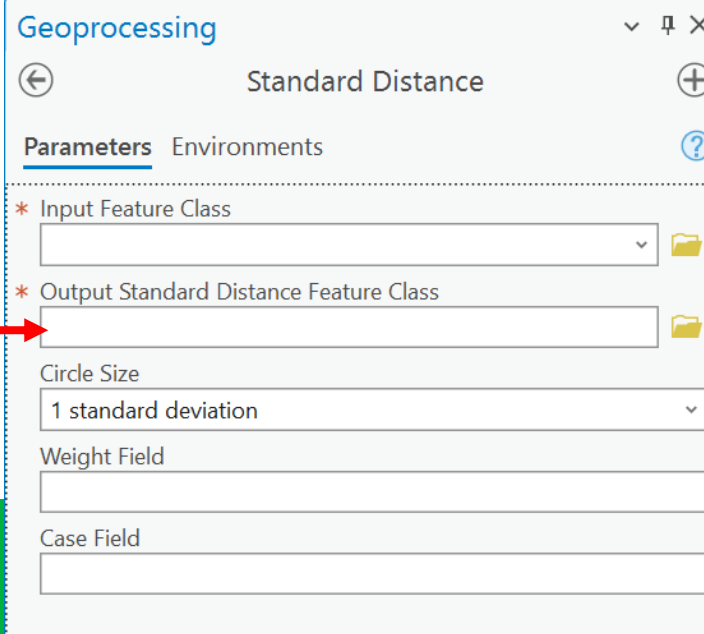
Charakteristiky rozptylu

- Směrodatná vzdálenost
(standard distance circle)
- Vážená směrodatná vzdálenost
(weighted standard distance)
- Koeficient relativního rozptylu
(coefficient of relative dispersion)
- Směrodatná elipsa odchylek
(standard deviational ellipse)

Směrodatná vzdálenost

- Směrodatná vzdálenost je nejčastěji používána ve formě kružnice kolem průměrného středu (*Standard distance circle*), jejíž poloměr je právě hodnota směrodatné vzdálenosti.
- Tyto kružnice nám dávají představu o rozptylu hodnot kolem střední hodnoty pro jednotlivé typy jevů.

A polygon feature class that will contain a circle polygon for each input center. These circle polygons graphically portray the standard distance at each center point.



Geoprocessing

Standard Distance

Parameters Environments

* Input Feature Class

* Output Standard Distance Feature Class

Circle Size

1 standard deviation

Weight Field

Case Field

Směrodatná vzdálenost

- Mohou být použity i pro studium dynamiky jevů
 - př.: *různé kružnice pro jeden jev v různých časových horizontech*
- Směrodatná vzdálenost (standard distance) je absolutní mírou – je problematické její použití k porovnání několika souborů
- Vhodnější jsou míry relativní (viz další slajdy)

Vážená směrodatná vzdálenost

* Output Standard Distance Feature Class

Circle Size

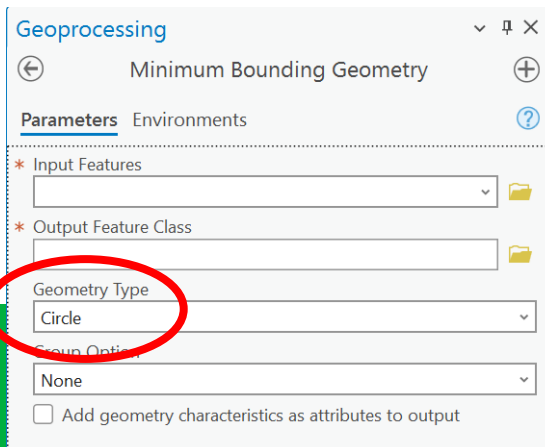
1 standard deviation

Weight Field

Case Field

Koeficient relativního rozptylu

- Poměr směrodatné vzdálenosti a poloměru kruhu se stejnou plochou jakou má studovaná oblast.
- Řeší problém použití absolutní míry směrodatné vzdálenosti.
- Je-li oblast různě velká (ohraňovaná), vznikají zavádějící hodnoty.
- K získání relativní míry při studiu variability obyvatelstva se někdy používá poloměr země nebo státu místo poloměru kruhu se stejnou plochou jakou má studovaná oblast.



$$CRD = 100 * \frac{S_d}{A_k} = 100 * \frac{S_d}{\sqrt{\frac{R}{\pi}}} = 100 * S_d * \sqrt{\frac{\pi}{R}}$$

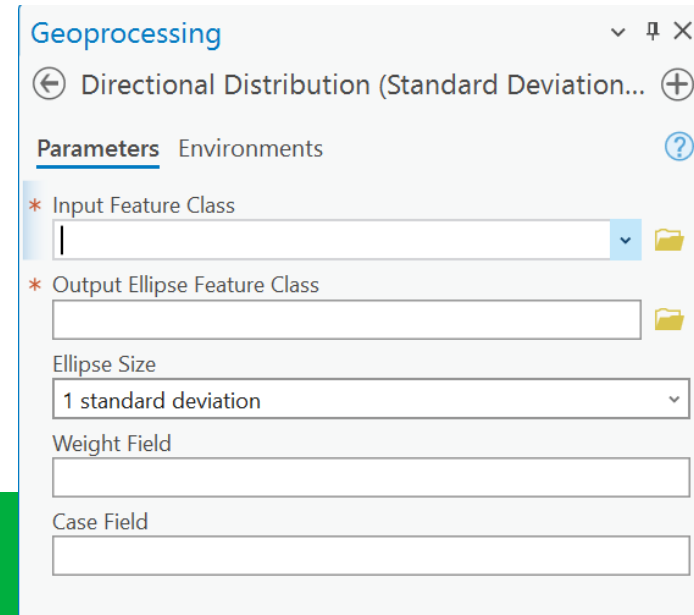
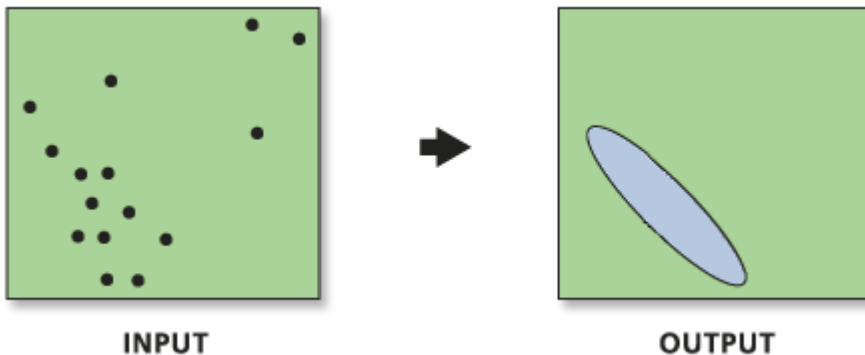
poloměr z plochy kruhu: $R = \sqrt{(P/\pi)}$

Směrodatná elipsa odchylek

- V mnoha případech může vykazovat prostorové rozdělení jevů určité rysy směrovosti (directional bias), např.:
 - *rozdělení míst nejčastějších dopravních nehod podél dálnice.*
- V tomto případě se použití kružnice jako míry rozptylu hodnot jeví jako nevhodné.
- Jako logické rozšíření směrodatné kružnice odchylek se může jevit použití směrodatné elipsy odchylek. Tuto elipsu popisují tři atributy:
 - úhel rotace
 - směrodatná odchylka podél hlavní osy elipsy
 - směrodatná odchylka podél vedlejší osy elipsy
- Maximální rozptyl bude orientován v souladu s hlavní osou elipsy.

Směrodatná elipsa odchylek

- Př.:
 - *Množství kontaminující látky ve vzorku studní může indikovat trend jejích šíření*
 - *Porovnání velikosti, tvaru resp. překryvu elips k porovnání změn v rozšiřování etnik či rostlinných resp. živočišných společenstev*
 - *Epidemiologie – vystižení hlavního trendu šíření onemocnění v populaci*

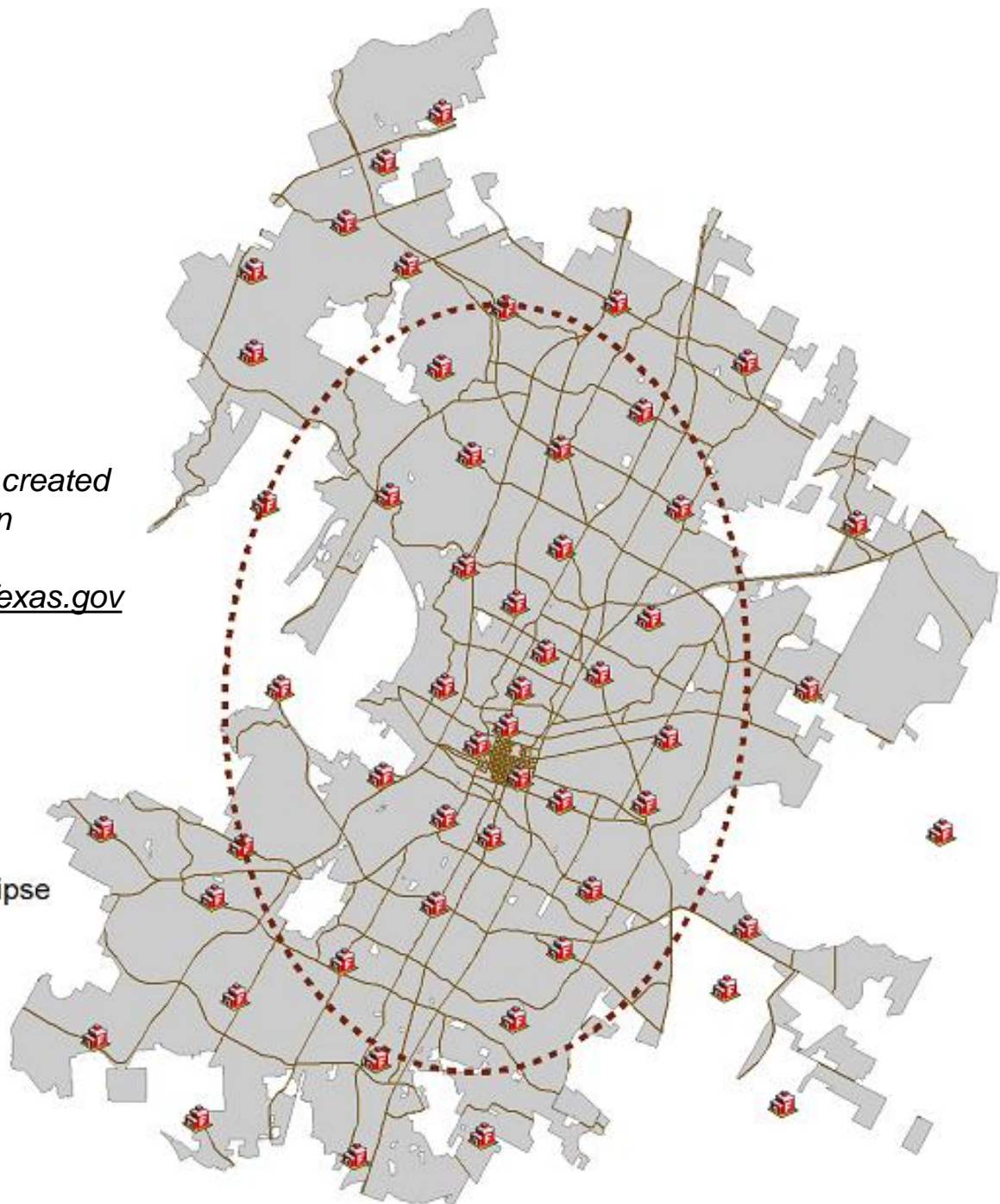


Příklad

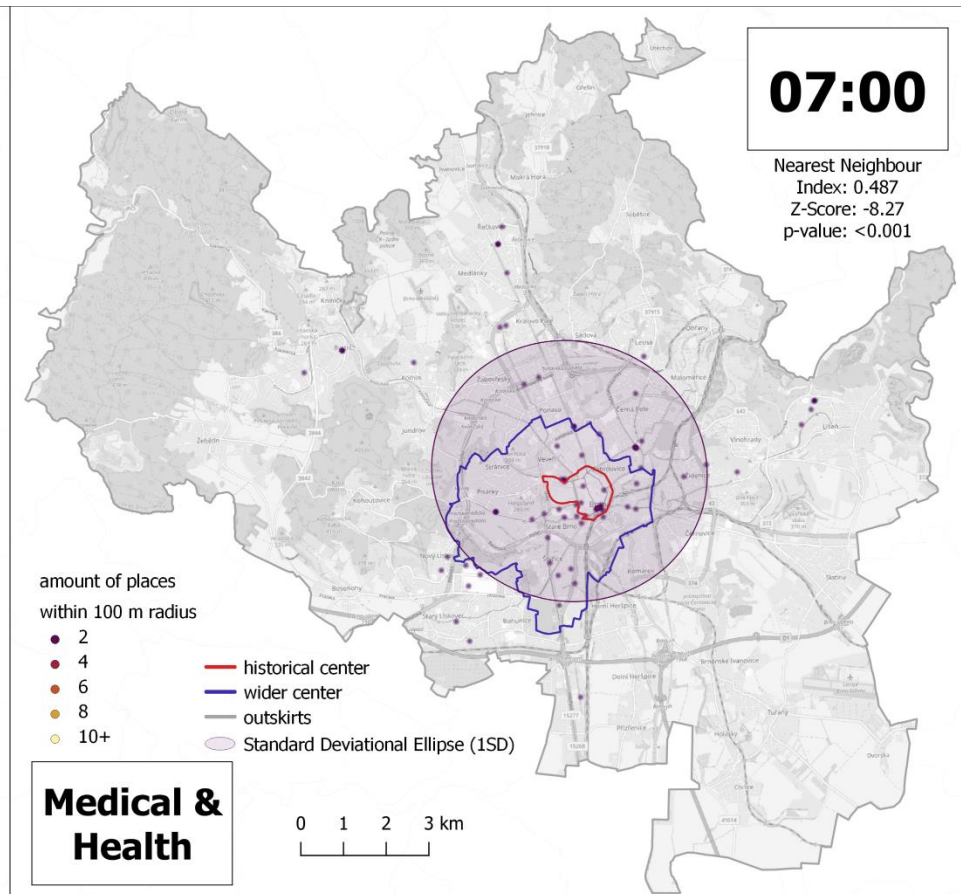
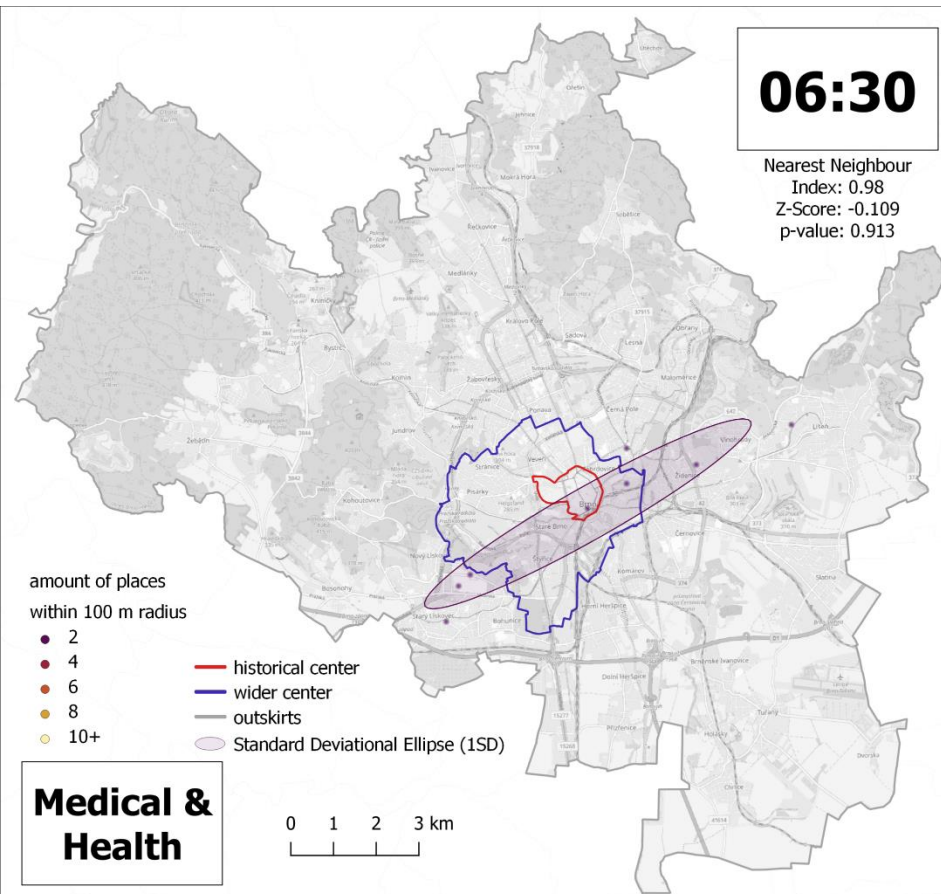
Standard deviation ellipse created
based on Austin fire station
locations
Data source: data.AustinTexas.gov

Legend

-  Standard Deviation Ellipse
-  Fire Stations
-  Major Roads
-  Austin City Boundary



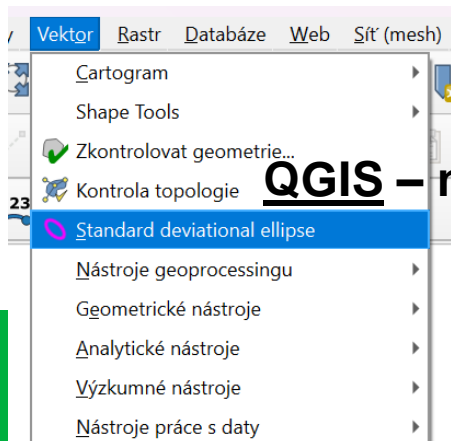
Další příklad



[Hladík et al. \(2022\)](#)

Poznámky k deskripci bodů

- hustota bodů v ploše (počet/plocha = n/R),
- charakteristiky založené na vzdálenosti mezi body či na relativních vzdálenostech jako je např. d_i/d_{max} .
- použití – porovnávání (např. v čase)
- při výpočtech v relativně malých oblastech používáme euklidovskou geometrii, protože se v nich neprojeví zakřivení Země.
- uvedené míry mohou být aplikovány i na plochy.
- **Jakým způsobem?**



QGIS – několik zásuvných modulů

- SpatialAnalyzer - Spatial Analysis Toolbox
 - ▶ Clustering
 - ▶ Gravity Model
 - Spatial Central Tendency
 - Centers (Mean Center, Median Center, Central Feature)
 - Central Feature Tracker
 - Mean Center Tracker
 - Median Center Tracker
 - Spatial Dispersion
 - Standard Deviation Ellipse
 - Standard Distance

Základní metody statistického popisu prostorového uspořádání bodů

- **Analýza kvadrátů** – testujeme, zda rozmístění bodů v ploše je náhodné či nikoliv.
- **Metoda nejbližšího souseda** – porovnává průměrnou vzdálenost mezi nejbližšími sousedy pole bodů k teoretickému rozmístění.



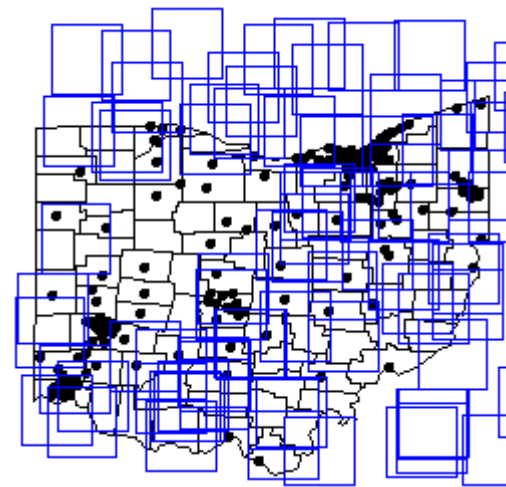
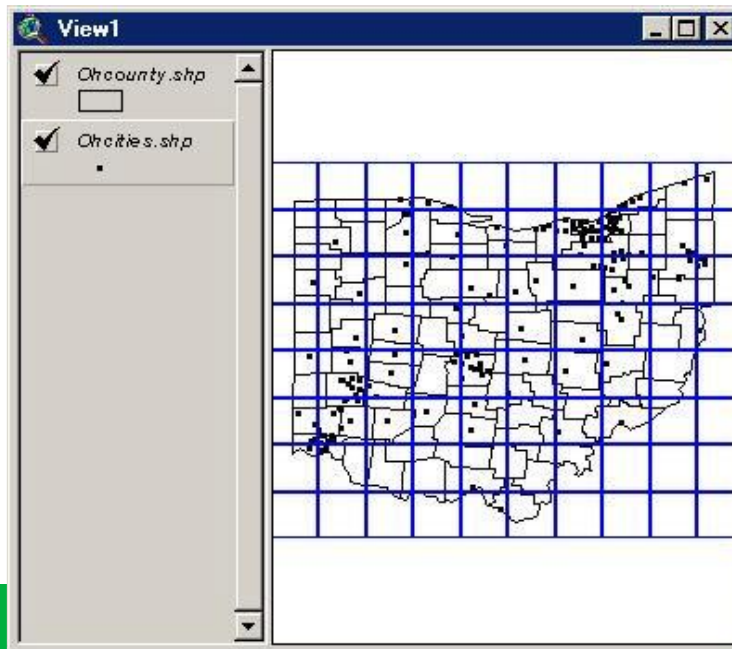
- **Prostorová autokorelace** – měří jak podobné či nepodobné jsou hodnoty atributů sousedních bodů.

Metody statistického popisu bodů – obecně

- Rozmístění bodů v prostoru je výsledkem určitých procesů či vhodných podmínek (lokace měst je výsledkem působení faktorů jako reliéf, přírodní zdroje, komunikace, atd.)
- Cílem studia prostorového rozmístění bodů je zjistit:
 - jak daleko má konkrétní rozmístění objektů k rozmístění teoretickému
 - jak se liší rozmístění bodů ve dvou různých oblastech
 - jak se mění rozmístění bodů v rámci jedné oblasti v čase.
- Statisticky prokázaný výskyt určitého prostorového uspořádání může být základem pro zjišťování příčin, které vedly k pozorovanému uspořádání.
- Problémy:
 - měřítko
 - rozsah studované oblasti
 - kartografická projekce

Analýza kvadrátů

- Je založena na hodnocení změn hustoty bodů v prostoru.
- Je porovnáváno, zda rozmístění bodů v prostoru je náhodné, či má blíže k uspořádání shlukovému či pravidelnému.
- Studovaná plocha je rozdělena pravidelnou sítí na buňky a je zjištěn počet bodů v každé buňce.



Analýza kvadrátů

- Je analyzováno rozdělení četností buněk s určitým počtem bodů.
- Toto rozdělení je porovnáváno s náhodným rozdělením četností.
- **Extrémně shlukové uspořádání** – většina bodů v jedné či několika málo buňkách.
- **Extrémně pravidelné** – ve všech buňkách přibližně stejně
- Buňky se označují jako kvadráty a nemusí jít o čtverce, ale např. i o kruhy či šestiúhelníky – je to dáno empirií.
- V rámci jedné analýzy však tvar a velikost buněk musí být konstantní.

Analýza kvadrátů

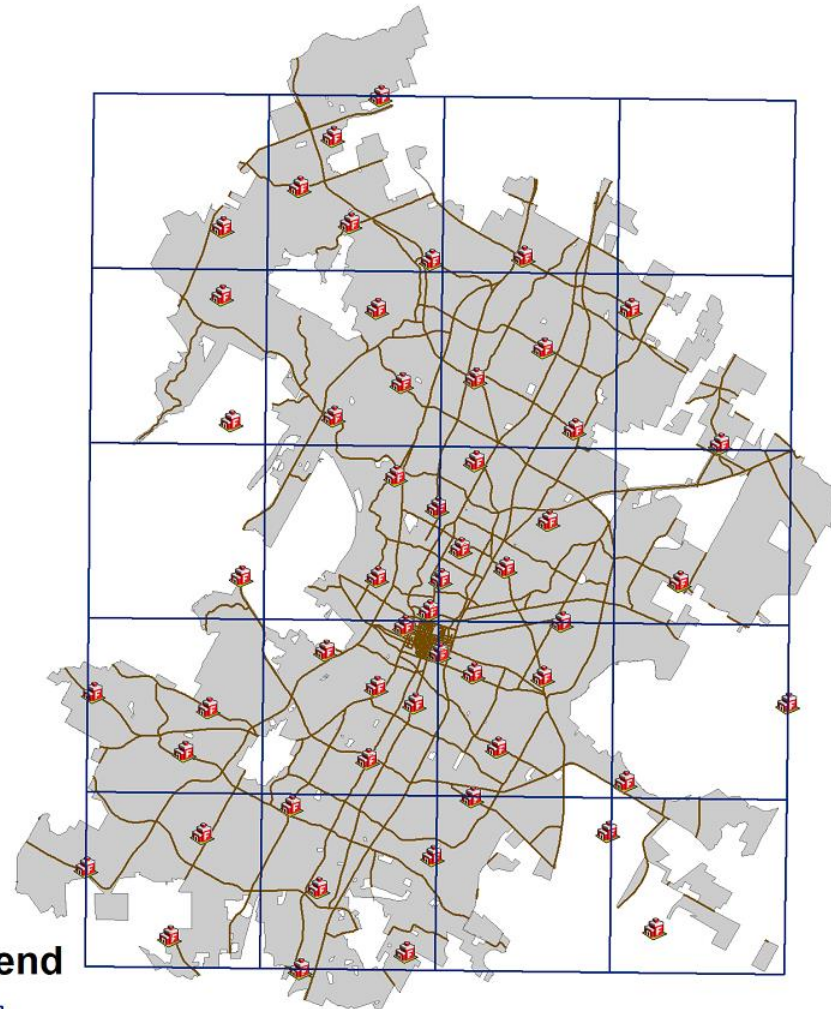
- Optimalní velikost kvadrátů (QS)
 - $QS = (2 \cdot A) / n$
- A: plocha studované oblasti
- n: počet analyzovaných bodů.

- Velikost strany vhodného kvadrátu
 - $\sqrt{(2A/n)}$

*Study area has been divided into 4*5 uniformly shaped quadrats of 81 km², and the top left quadrat has a density of 1/81.*

Legend

- Quadrats
- 🚒 Fire Stations
- Major Roads
- City Boundary



Praktický postup testování výsledků analýzy kvadrátů

1. (H_0) - neexistuje statisticky významný rozdíl (je-li rozdíl malý, může být výsledkem náhody, čím je větší, s tím větší pravděpodobností náhodný není, ale je statisticky významný).

2. Zvolíme hladinu významnosti $\alpha = 0,05$

3. Vypočteme kumulované četnosti

4. Vypočteme testovací kritérium: $D = \max|O_i - E_i|$

5. Vypočteme kritickou hodnotu: $D_\alpha = \frac{1,36}{\sqrt{m}}$ $D_\alpha = 1,36 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2}}$

6. Je-li vypočtená hodnota D větší než kritická hodnota D_α , potom rozdíl mezi oběma uspořádáními je statisticky významný.

Materiály předmětu
Z6101 Základy
geostatistiky

Testování výsledků analýzy kvadrátů K-S testem

Počet měst v každém čtverci	Zjištěné rozdělení	Relativní četnosti	Kumulativní četnosti	Pravidelné rozdělení	Relativní četnosti	Kumulativní četnosti	Absolutní difference
0	36	0,450	0,450	0	0,000	0,00	0,45
1	17	0,213	0,663	26	0,325	0,33	0,34
2	10	0,125	0,788	26	0,325	0,65	0,14
3	3	0,038	0,825	26	0,325	0,98	0,15
4	2	0,025	0,850	2	0,025	1,00	0,15
5	2	0,025	0,875	0	0,000	1,00	0,13
6	1	0,013	0,888	0	0,000	1,00	0,11
7	1	0,013	0,900	0	0,000	1,00	0,10
8	1	0,013	0,913	0	0,000	1,00	0,09
9	1	0,013	0,925	0	0,000	1,00	0,08
10	1	0,013	0,938	0	0,000	1,00	0,06
11	1	0,013	0,950	0	0,000	1,00	0,05
12	1	0,013	0,963	0	0,000	1,00	0,04
13	1	0,013	0,975	0	0,000	1,00	0,03
14	1	0,013	0,988	0	0,000	1,00	0,01
28	1	0,013	1,000	0	0,000	1,00	0,00
164	0	0,000	1,000	0	0,000	1,00	0,00

Testovací kritérium:

$D = 0,45$

Kritická hodnota pro $\alpha = 0,05$:

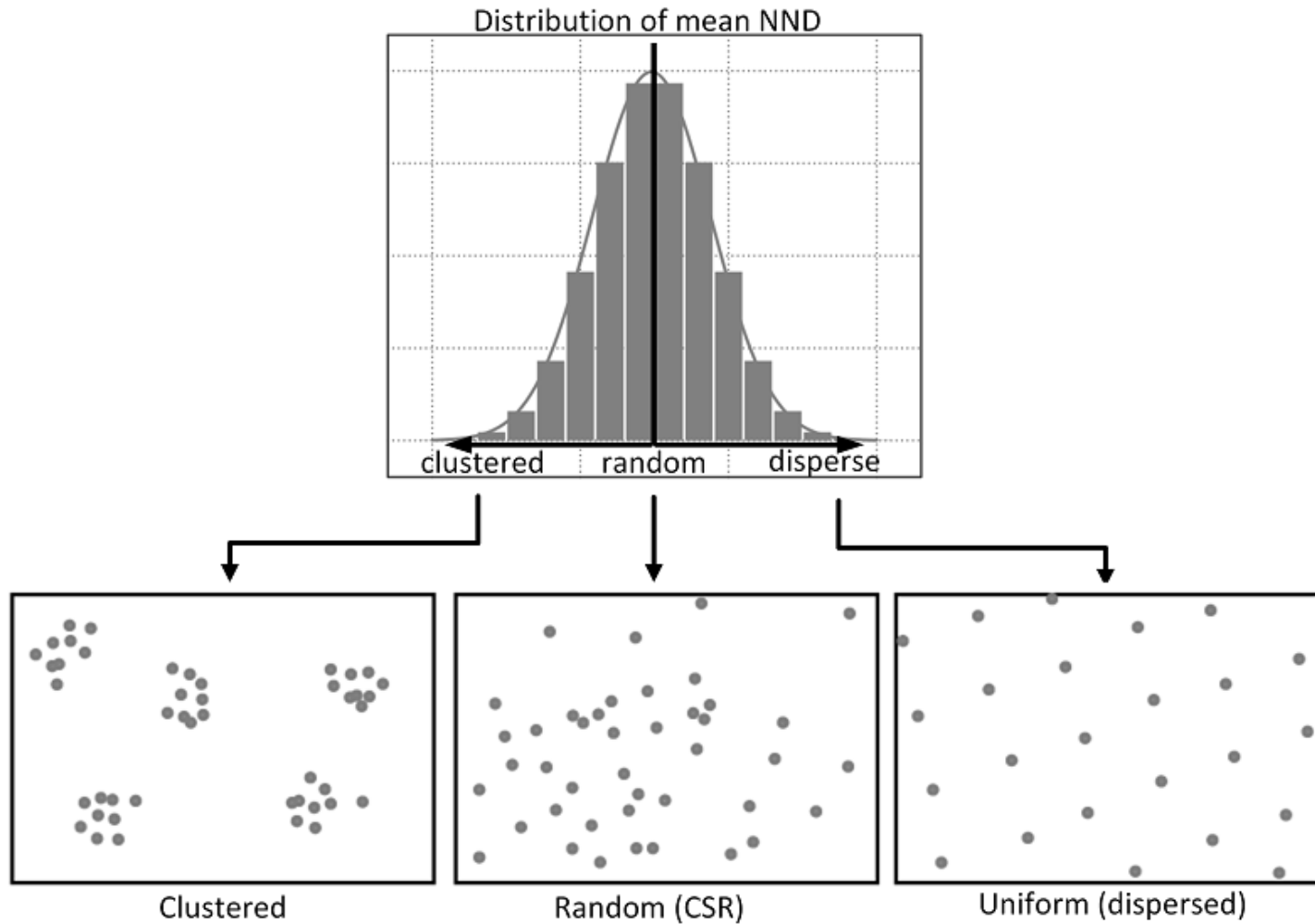
$D_\alpha = 0,2115$

Zamítáme nulovou hypotézu - rozdělení měst se statisticky významně liší od rozdělení pravidelného

Metoda nejbližšího souseda

- NEAREST NEIGHBOUR ANALYSIS
- Metoda analýzy kvadrátů je založena na konceptu hustoty (počet bodů v ploše)
- Metoda analýzy nejbližšího souseda je naopak založena na konceptu vzdálenosti (spacing – plocha připadající na bod).
- Metoda analýzy nejbližšího souseda je založena na porovnání pozorované průměrné vzdálenosti mezi nejbližšími sousedy a této průměrné vzdálenosti u známého (teoretického) prostorového uspořádání (pravidelného či náhodného).
- K testování, zda má určité rozložení bodů v ploše jistý vzorek lze využít R statistiku (R - *randomness*).

Metoda nejbližšího souseda



Metoda nejbližšího souseda

R statistika

Určí se jako poměr mezi pozorovanou a očekávanou průměrnou vzdáleností nejbližších sousedů v určité oblasti:

$$R = \frac{r_{obs}}{r_{exp}}$$

Hodnotu r_{obs} zjistíme tak, že určíme vzdálenost mezi daným bodem a všemi jeho sousedy. Dále najdeme nejkratší vzdálenost – tedy nejbližšího souseda. Tento proces se opakuje pro všechny body. Ze všech nejkratších vzdáleností se vypočte průměr.

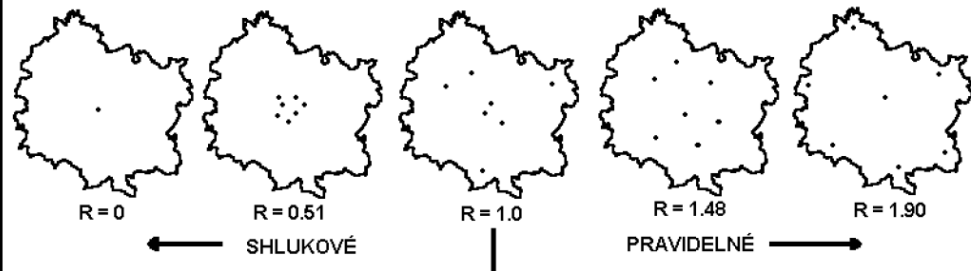
Hodnotu r_{exp} zjistíme ze vztahu:

$$r_{exp} = \frac{1}{2\sqrt{n/A}}$$

Interpretace hodnot R statistiky

Čím je hodnota $R < 1$, tím více se prostorové rozložení bodů blíží rozložení shlukovému ($r_{obs} < r_{exp}$).

Čím je hodnota $R > 1$, tím více se prostorové rozložení bodů blíží rozložení pravidelnému ($r_{obs} > r_{exp}$).



$R = 0$ zcela shlukové uspořádání

$R = 1$ náhodné uspořádání

$R = 2,149$ zcela pravidelné uspořádání

Geoprocessing

Average Nearest Neighbor

Parameters Environments

* Input Feature Class

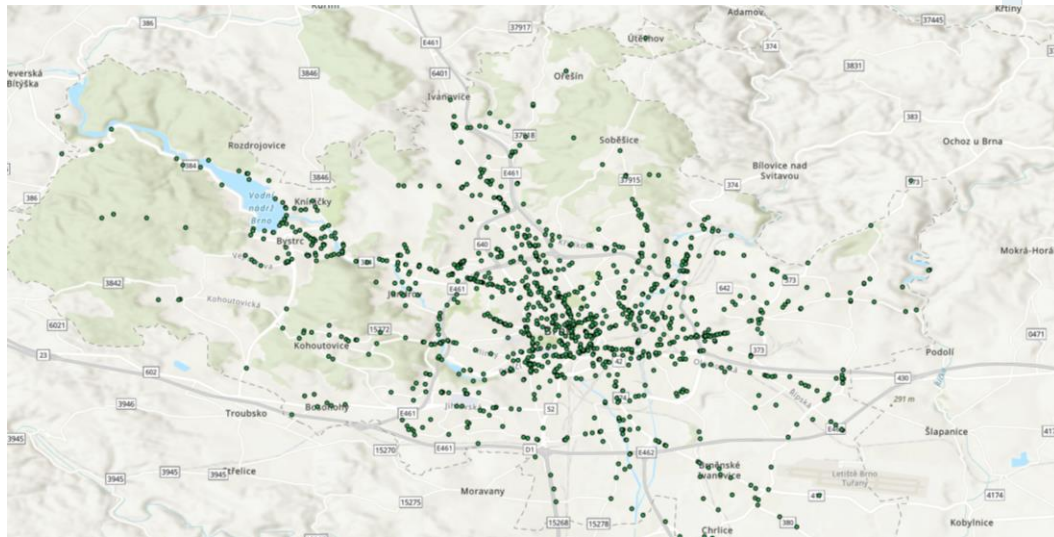
Distance Method

Euclidean

Generate Report

Area

Metoda nejbližšího souseda ArcGIS Pro



Average Nearest Neighbor Summary

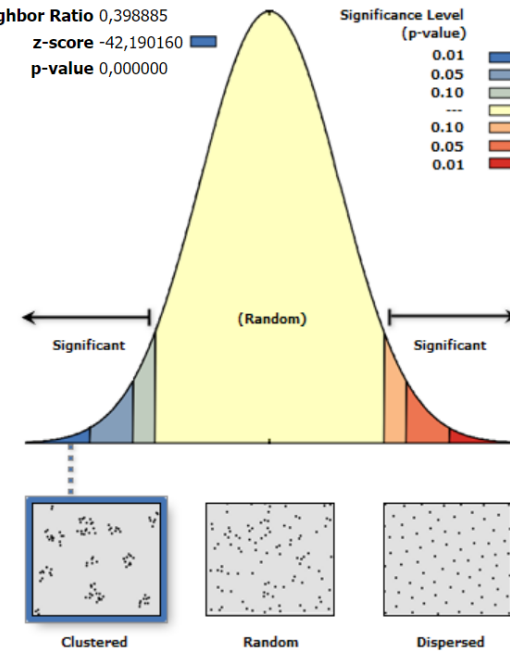
Nearest Neighbor Ratio 0,398885

z-score -42,190160

p-value 0,000000

Significance Level
(p-value)

Significance Level (p-value)	Critical Value (z-score)
0.01	< -2.58
0.05	-2.58 - -1.96
0.10	-1.96 - -1.65
---	-1.65 - 1.65
0.10	1.65 - 1.96
0.05	1.96 - 2.58
0.01	> 2.58



Given the z-score of -42.19016, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

Average Nearest Neighbor Summary

Observed Mean Distance 98,1936 Meters

Expected Mean Distance 246,1702 Meters

Nearest Neighbor Ratio 0,398885

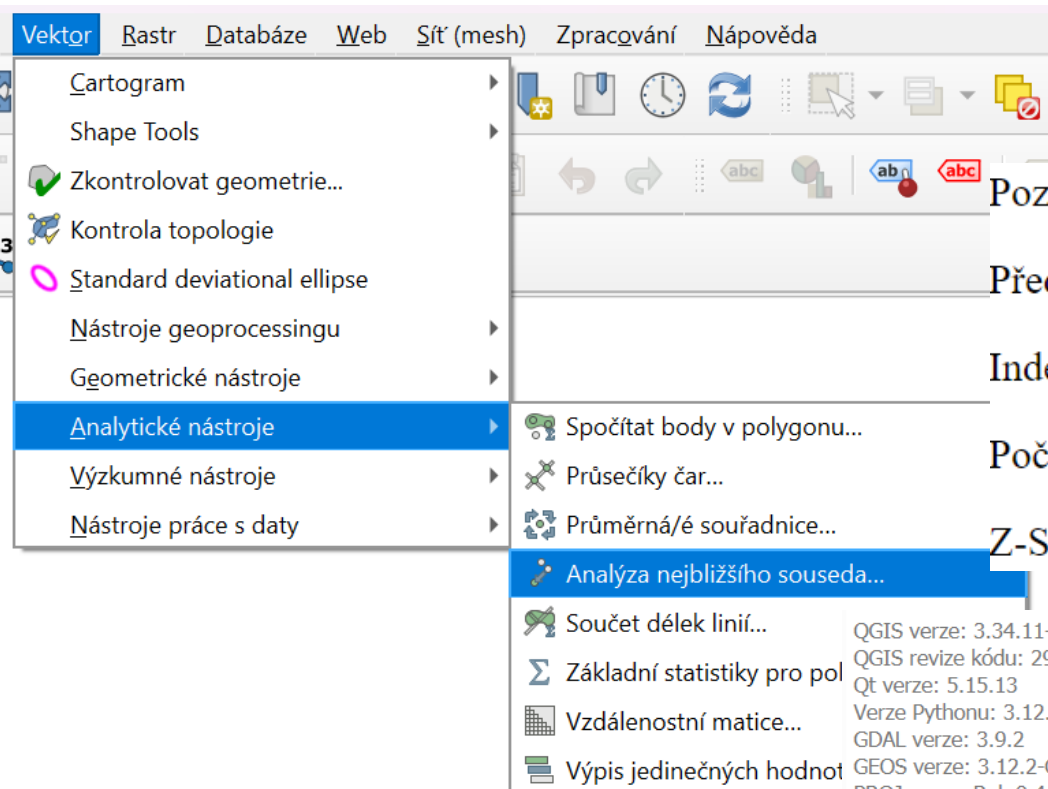
z-score -42,190160

p-value 0,000000

Average Nearest Neighbor Summary

Observed Mean Distance	98,193552
Expected Mean Distance	246,170249
Nearest Neighbor Ratio	0,398885
z-score	-42,190160
p-value	0,000000

Metoda nejbližšího souseda QGIS



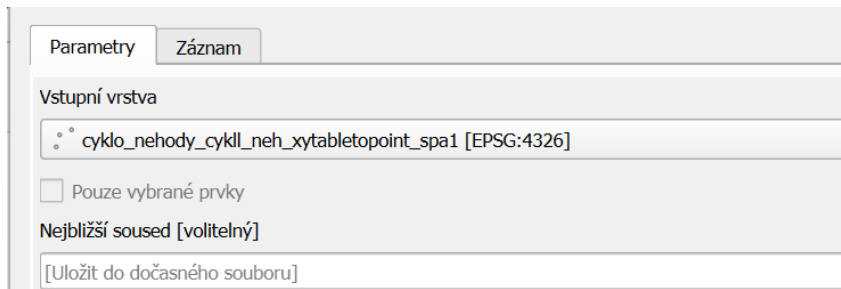
Pozorovaná průměrná vzdálenost: 100.81213357850

Předpokládaná průměrná vzdálenost: 0.00289503177

Index nejbližšího souseda: 34822.46197885036

Počet bodů: 1346

Z-Score: 2443995.56696692947



QGIS verze: 3.34.11-Prizren
QGIS revize kódu: 2904bcec
Qt verze: 5.15.13
Verze Pythonu: 3.12.6
GDAL verze: 3.9.2
GEOS verze: 3.12.2-CAPI-1.18.2
PROJ verze: Rel. 9.4.0, March 1st, 2024
Verze PDAL: 2.6.3 (git-version: b5523a)
Algoritmus spuštěn v: 2024-10-21T10:37:47
Algoritmus 'Analýza nejbližšího souseda' se spouští...
Vstupní parametry:
{ 'INPUT' : 'D:/zaloha_2024_3_5/ výuka /GIS4SG_2023jaro/GIS4SG - priklad analyzy bodu - Bike_accidents/cyklo_nehody_cykl_neh_xytabletopoint_spa1.shp',
'OUTPUT_HTML_FILE' : 'TEMPORARY_OUTPUT' }

Execution completed in 0.11 sekund
Výsledky:
{ 'EXPECTED_MD': 0.0028950317654084746,
'NN_INDEX': 34822.461978850355,
'OBSERVED_MD': 100.81213357850064,
'OUTPUT_HTML_FILE': 'C:/Users/herma/AppData/Local/Temp/processing_dFRkwt/5400cd0b637740b4bd0ea3cbc5c61a77/OUTPUT_HTML_FILE.html',
'POINT_COUNT': 1346,
'Z_SCORE': 2443995.5669669295 }

Metoda nejbližšího souseda

- Nelze spolehat na vizuální srovnání prostorového rozložení ani na vypočtenou hodnotu R. Ta by měla být doplněna hodnotou Z_R (Z skóre) pro ověření statistické významnosti pozorovaného rozdílu.
- Výsledky jsou vysoce citlivé k měřítku (lokální vs. regionální)
- V závislosti na studovaném jevu musí být věnována pozornost vymezení studované plochy (administrativní či přirozené hranice).

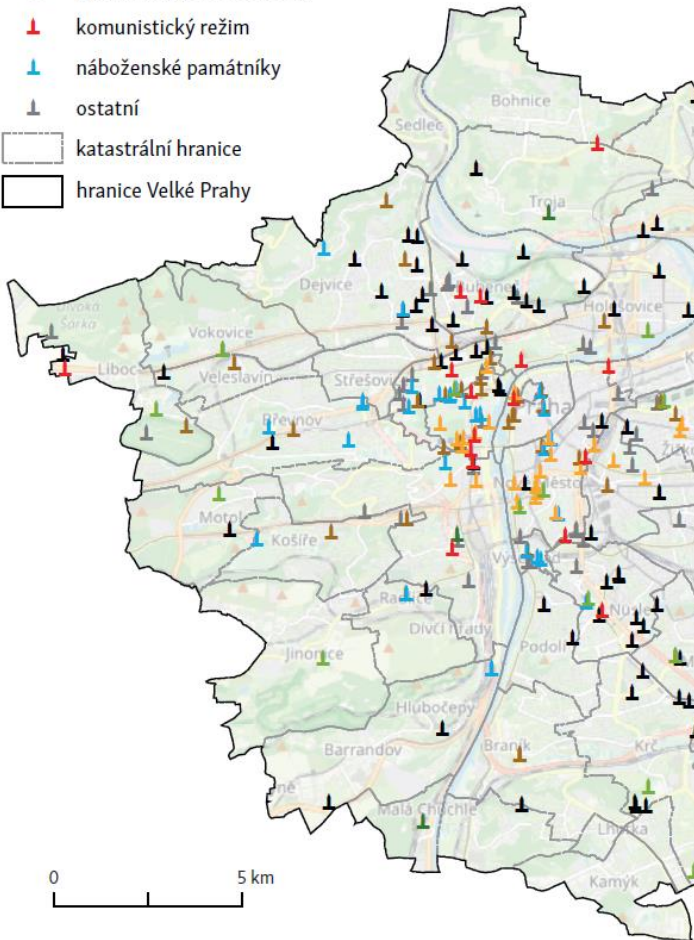
Pomocí směrodatné chyby lze vypočítat standardizovanou hodnotu (Z-score):

$$Z_R = \frac{r_{obs} - r_{exp}}{SE_r} \quad SE_r = \frac{0,26136}{\sqrt{n^2/A}}$$

Metoda nejbližšího souseda – příklad

- 🚩 Národní obrození
- 🚩 další významné osobnosti české historie
- 🚩 první světová válka
- 🚩 druhá světová válka
- 🚩 první i druhá světová válka
- 🚩 komunistický režim
- 🚩 náboženské památníky
- 🚩 ostatní

- ▭ katastrální hranice
- ▭ hranice Velké Prahy



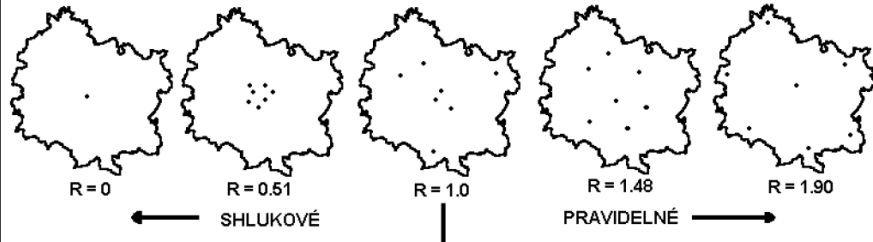
Koblížková, A., Hána, D. (2023):
[Memorials as a part of the political symbolic space in Prague](#). Geografie.

Kategorie pomníků	Počet pomníků	R-statistika	Místa koncentrace
Národní obrození	26	1,074	Karlovo náměstí, Petřín
Další významné osobnosti české historie	37	0,983	Staré Město, Hradčany
Náboženství	32	0,994	Staré Město, Malá Strana
První světová válka	26	1,275	—
Druhá světová válka	93	0,830	Pankrác, Dejvice, Bubeneč, Holešovice
Komunismus	16	1,219	—
Ostatní	50	0,745	—

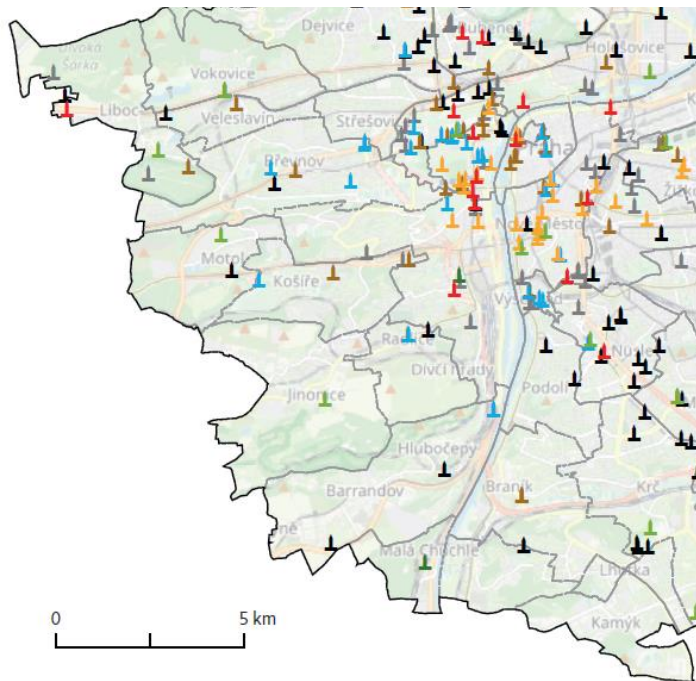
Interpretace hodnot R statistiky

Čím je hodnota $R < 1$, tím více se prostorové rozložení bodů blíží rozložení shlukovému ($r_{obs} < r_{exp}$).

Čím je hodnota $R > 1$, tím více se prostorové rozložení bodů blíží rozložení pravidelnému ($r_{obs} > r_{exp}$).



- R = 0 zcela shlukové uspořádání
- R = 1 náhodné uspořádání
- R = 2,149 zcela pravidelné uspořádání



Koblížková, A., Hána, D. (2023): [Memorials as a part of the political symbolic space in Prague](#). Geografie.

omníků rození	Počet pomníků	R-statistika	Místa koncentrace
	26	1,074	Karlovo náměstí, Petřín
Další významné osobnosti české historie	37	0,983	Staré Město, Hradčany
Náboženství	32	0,994	Staré Město, Malá Strana
První světová válka	26	1,275	—
Druhá světová válka	93	0,830	Pankrác, Dejvice, Bubeneč, Holešovice
Komunismus	16	1,219	—
Ostatní	50	0,745	—

Prostorová autokorelace – koncepce

- Jak analýza kvadrátů tak analýza vzdálenosti nejbližšího souseda pracují pouze s polohou bodů.
- Nerozlišují body podle hodnot jejich atributů.
- Oba parametry (polohu i atributy) hodnotí prostorová autokorelace (SA) – je tedy metodou vhodnější.
- Východiska prostorové autokorelace: Většina jevů se v prostoru mění spojitě. Blízké body budou mít i podobné hodnoty studovaného jevu a naopak.
 - *First law of geography – Tobler (1970)*

Prostorová autokorelace

- Mezi nejpoužívanější koeficienty prostorové autokorelace náleží:
 - **Gearyho poměr C** (Geary's Ratio)
 - **Moranův index I** (Moran's I)
- Lze jich využít pro intervalová a poměrová data.

Rozdíly mezi oběma indexy jsou dány způsobem výpočtu rozdílů mezi hodnotami atributu. Obor hodnot, kterých mohou oba indexy nabývat se tedy také liší, jak uvádí následující tabulka:

Prostorové uspořádání	Gearyho poměr C	Moranův index I
Shlukové uspořádání, sousední body vykazují podobné hodnoty	$0 < C < 1$	$I > E(I)$
Náhodné uspořádání, body nevykazují znaky podobnosti	$C \sim 1$	$I \sim E(I)$
Pravidelné uspořádání, sousední body vykazují rozdílné charakteristiky	$1 < C < 2$	$I < E(I)$

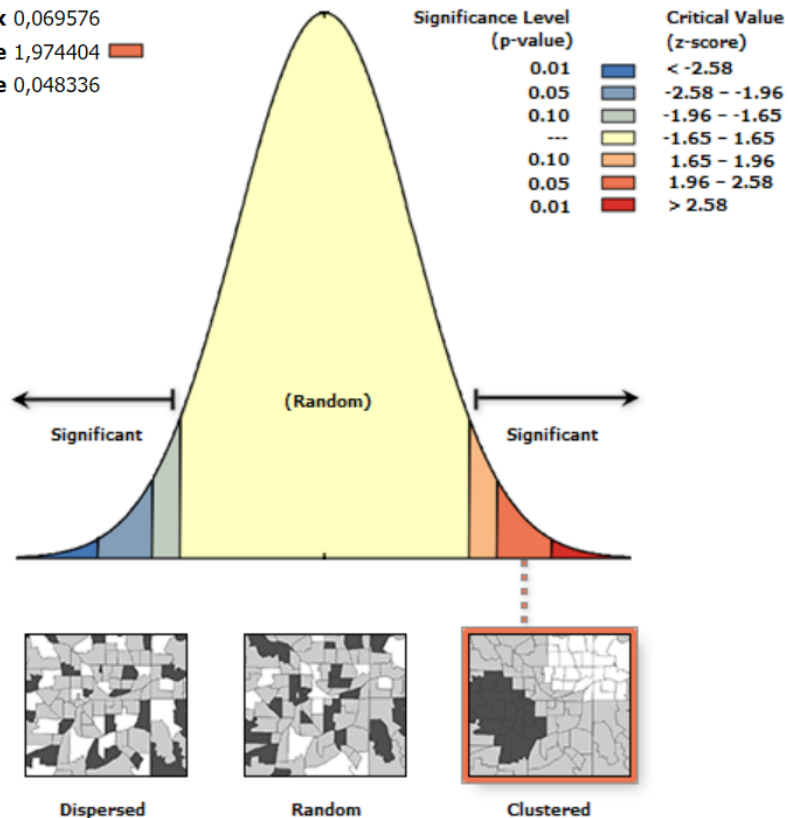
kde $E(I) = (-1)/(n-1)$ je očekávaná hodnota indexu

Spatial Autocorrelation Report

Moran's Index 0,069576

z-score 1,974404

p-value 0,048336



Given the z-score of 1.974404, there is a less than 5% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

Global Moran's I Summary

Moran's Index	0,069576
Expected Index	-0,000851
Variance	0,001272
z-score	1,974404
p-value	0,048336

Geoprocessing

Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)

Parameters

Input Feature Class: cyklo_nehody_cykl_neh_xytabletopoint_spa1

Input Field: hmotna_sko

Generate Report

Conceptualization of Spatial Relationships: **Inverse distance**

Standardization: None

Distance Band or Threshold: Distance

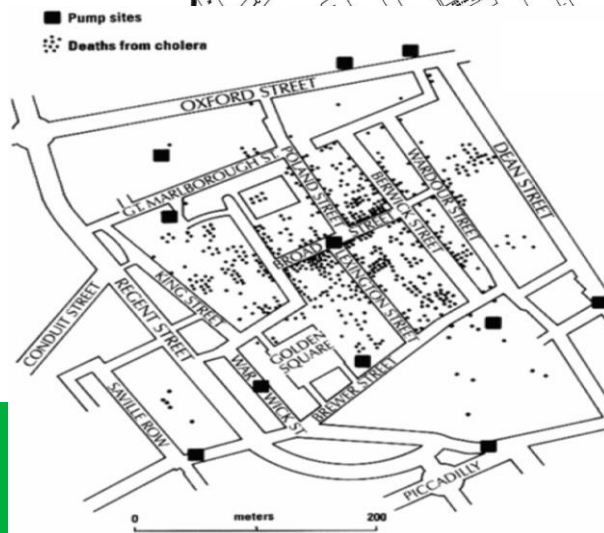
Map showing features: 1 176

na mesic_t den: ^

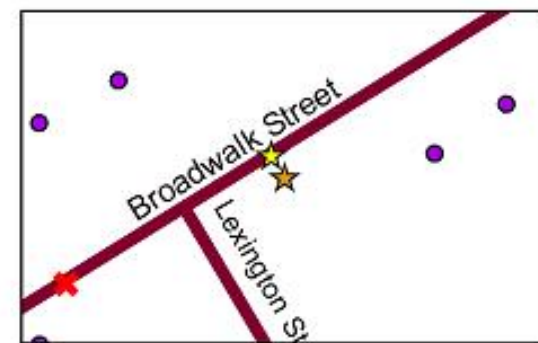
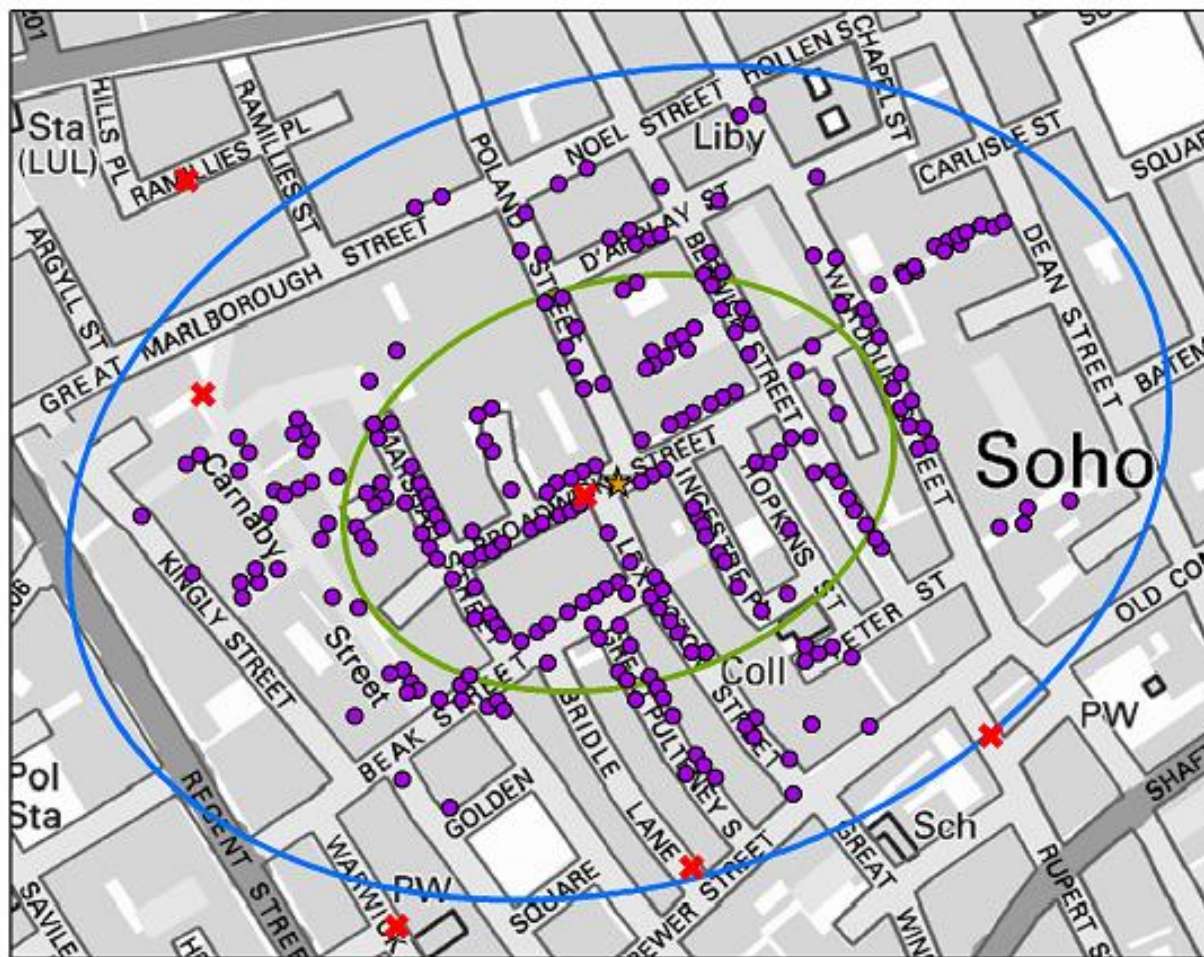
11 | září | pátek

Ještě jeden příklad z historie ...

- John Snow (1812 – 1858)
- Syn farmáře, asistent chirurga a lékárník
- 1854 – mapa Londýna
 - Výskyt cholery = úmrtí
 - Měřítko 1:2000
 - Pomocí prostorové analýzy došlo k identifikaci ohniska nákazy, které bylo možné následně omezit



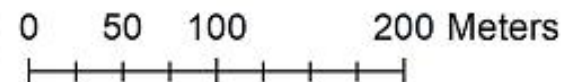
Ještě jeden příklad z historie ...



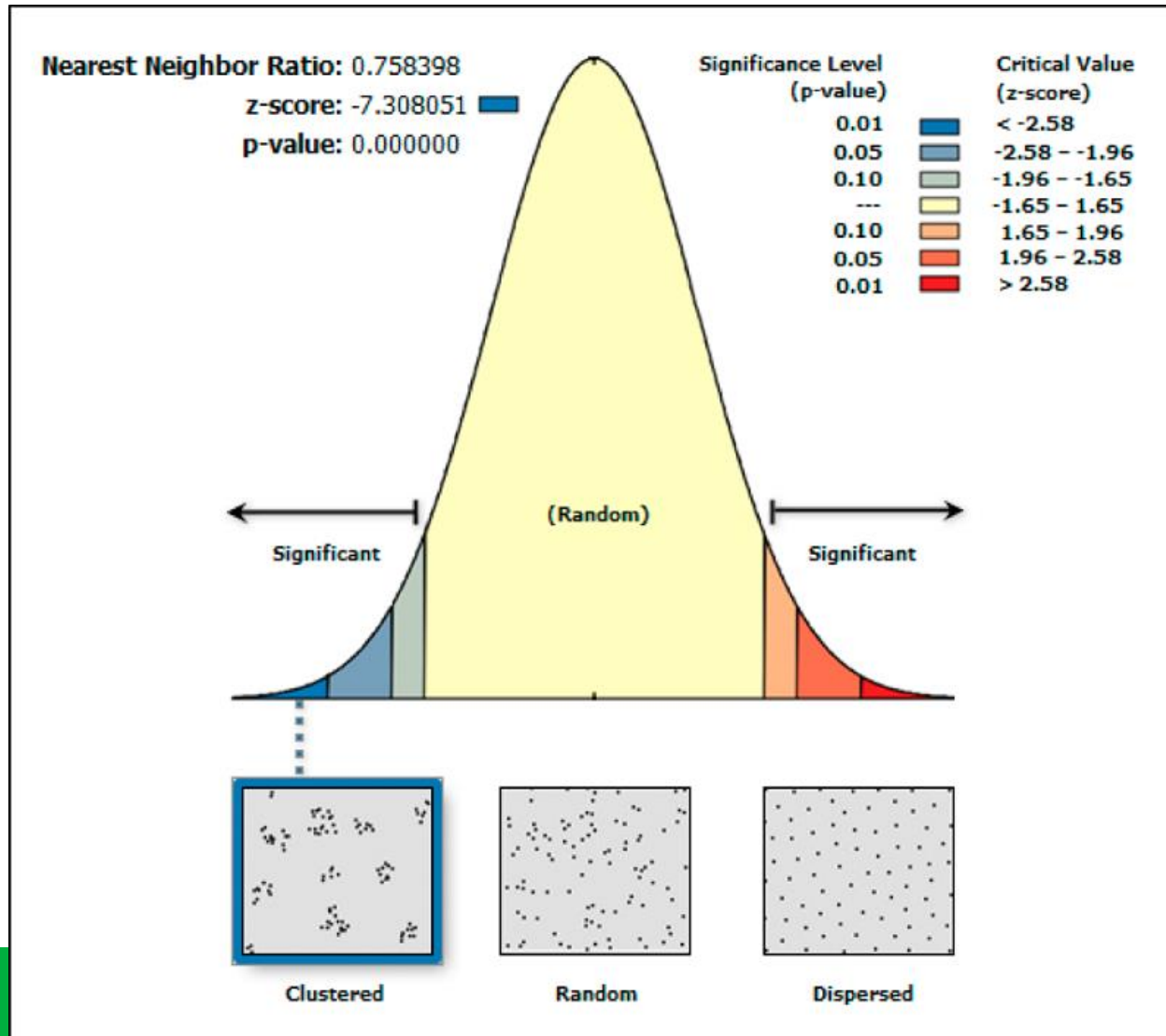
Legend

- ✖ Pumps
- Cholera Death
- ★ Mean Center
- ★ Median Center

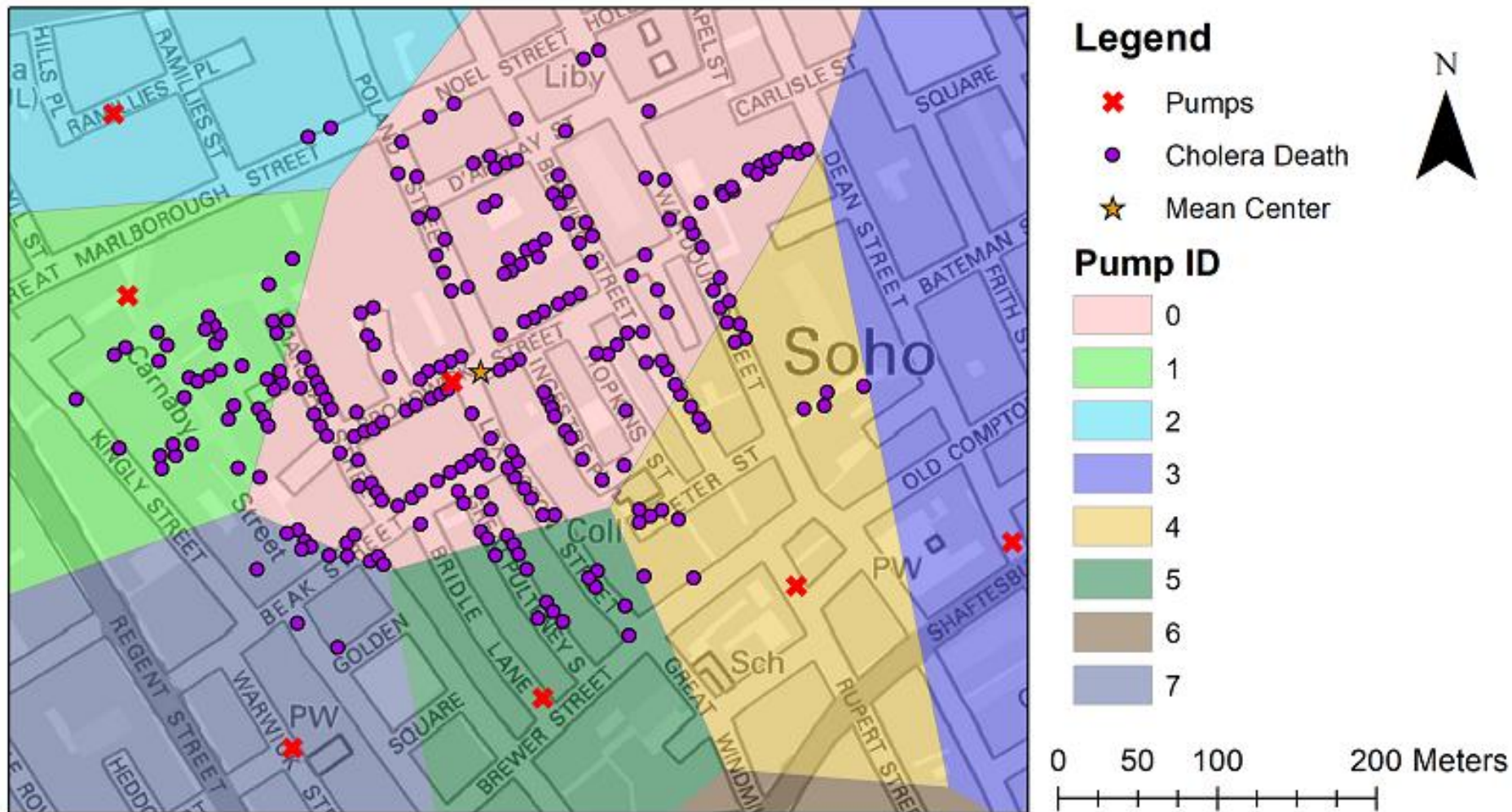
- 1 Standard Deviation
- 2 Standard Deviation
- Streets



Ještě jeden příklad z historie ...



Ještě jeden příklad z historie ...



Ještě jeden příklad z historie ...



Legend

- ✕ Pumps
- Cholera Death
- ★ Mean Center

Kernel Density

- Very Low
- Low
- Medium
- High
- Very High

0 50 100 200 Meters

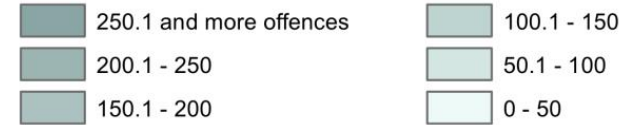


Příště ...

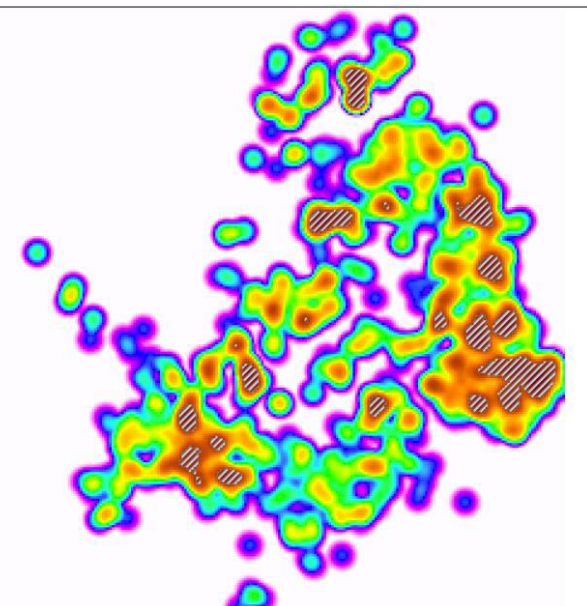
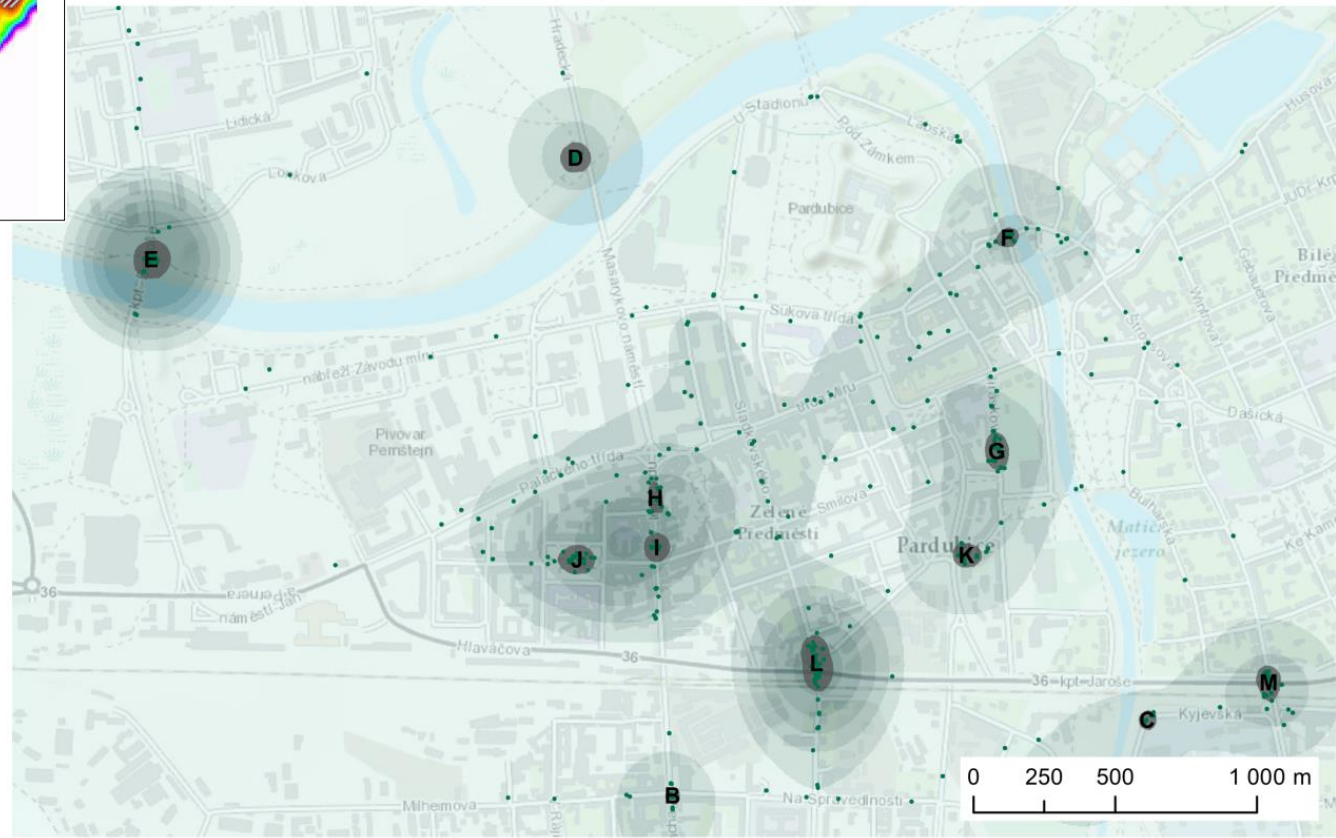
OFFENCES CAUSED BY CYCLISTS IN CITY OF PARDUBICE IN 2014

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



Zdroje:

- <https://gistbok-topics.ucgis.org/AM-03-007>
- Horák, J. (2022): PROSTOROVÉ ANALÝZY DAT.
https://homel.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD_skripta2022.pdf
- Materiály předmětu Z6101 Základy geostatistiky
- A odkazy přímo na slajdech