



GIS4SG

MUNI  
SCI

# **Kartogramy – normalizace, klasifikace.**

## **Statistická analýza plošných jevů**

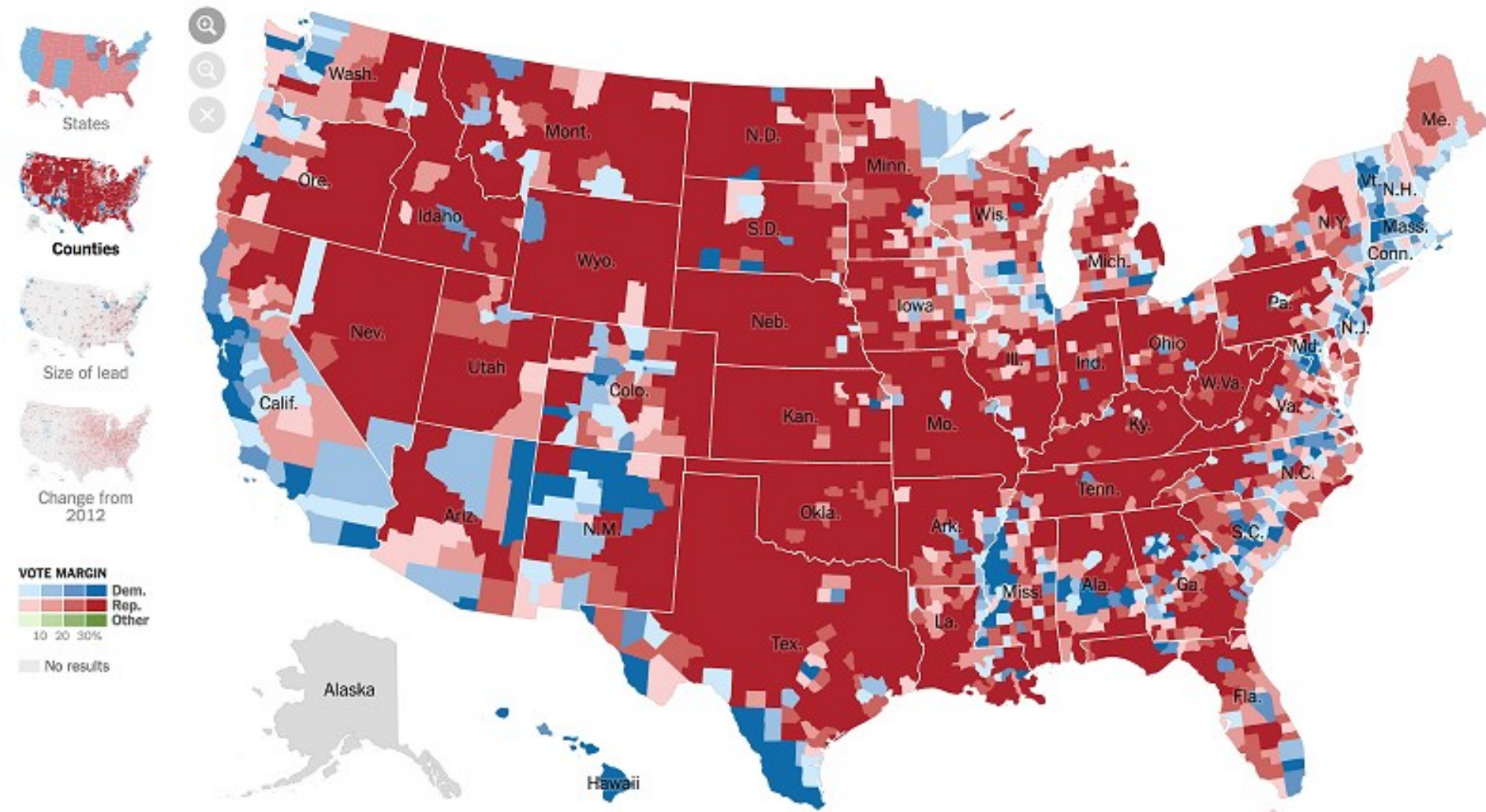
jaro 2023

**Lukáš Herman**

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

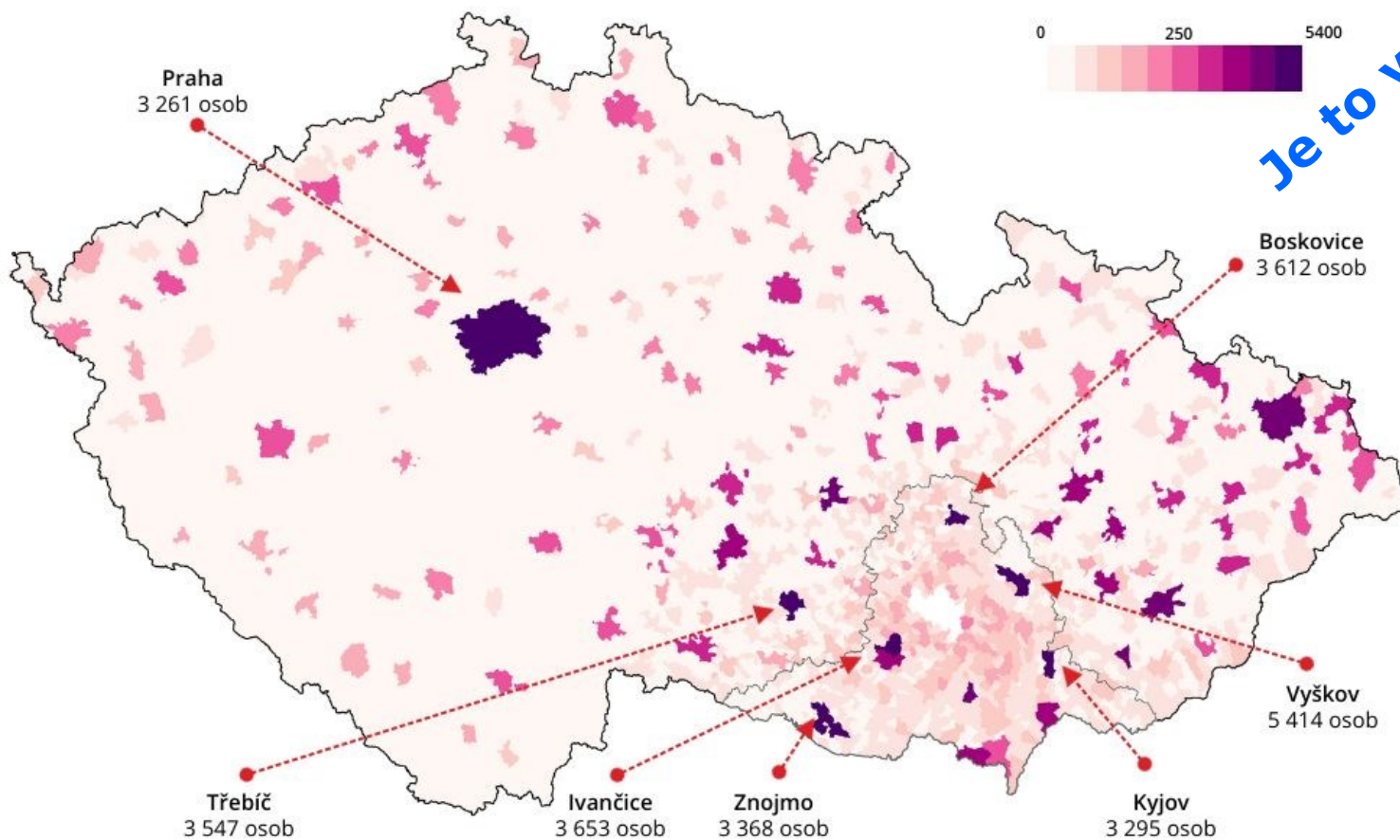


# Kartogram = choropletová mapa z ruštiny a z angličtiny



# Odkud pochází Brňané a Brňanky?

Je to v pořádku?



## Rodáci & Náplavy

V Brně je registrováno celkem 404 002 osob s trvalým pobytem.

Dle **místa narození** můžeme odlišit, kdo se do Brna **přistěhoval** (175 101), a kdo je naopak **rodákem** (228 901).

Z dat vyplývá, že nejčastěji se do Brna stěhují lidé z Vyškova, Boskovic či Ivančic.

Je však nutné brát v úvahu, že jsou to města s **porodnicí** a značná část Brňanekjezdí do porodnice právě do těchto měst.

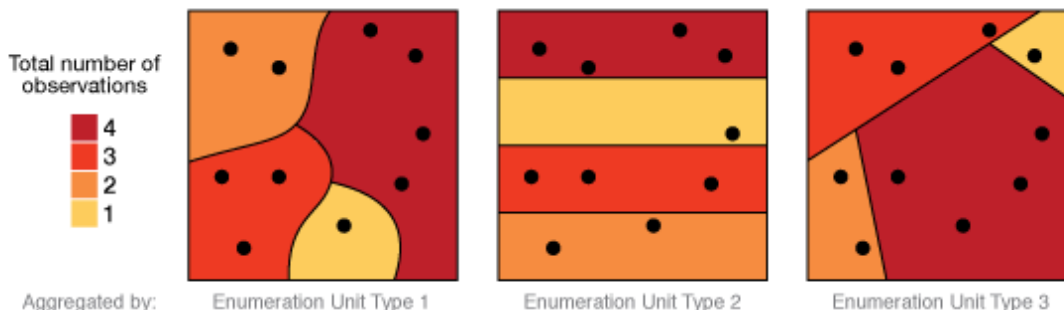
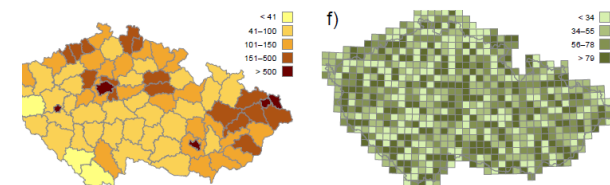
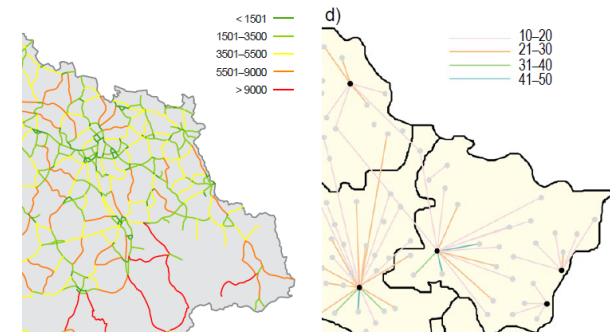
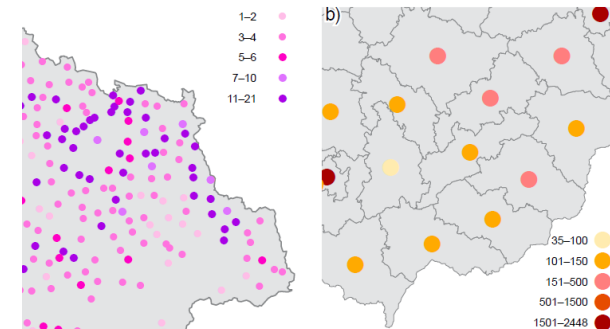
Místo narození se totiž udává dle porodnice, nikoli dle místa, kde trvale žijí rodiče.

Zdroj dat: interní databáze MMB  
Licence: CC BY



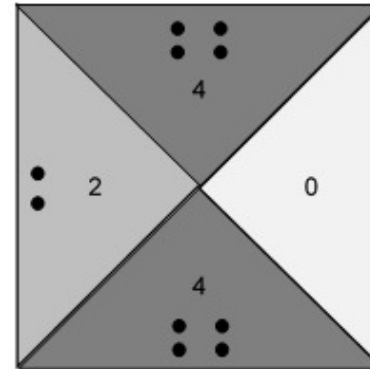
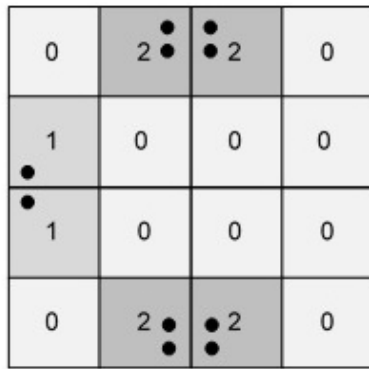
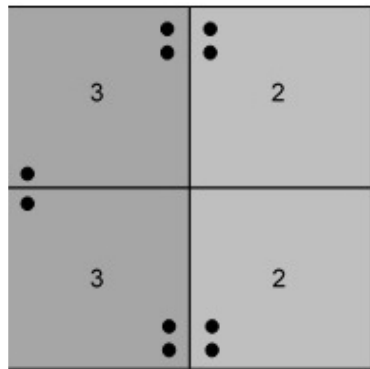
# Kartogram, choropleťová mapa

- Kartogram je **mapa s dílčími územními celky**, do kterých jsou **plošným způsobem** znázorněna statistická data (jedná se o **relativní hodnoty**) většinou geografického charakteru (Kaňok, 1999).
- Vyjadřuje hodnotu jevu barvou (respektive odstínem šedé, rastrem, šrafováním), přičemž tyto barvy jsou uspořádány do stupnice
- Výše uvedené se týká areálových/plošných dat, ale **metoda intenzitních barev** může být aplikována i na **body** nebo **linie** →
- **Nepravý kartogram**
  - Tzv. kartogramy bez prostorového základu
  - Nepoužívají se data přepočtená na jednotku plochy
  - V praxi častější než běžný kartogram

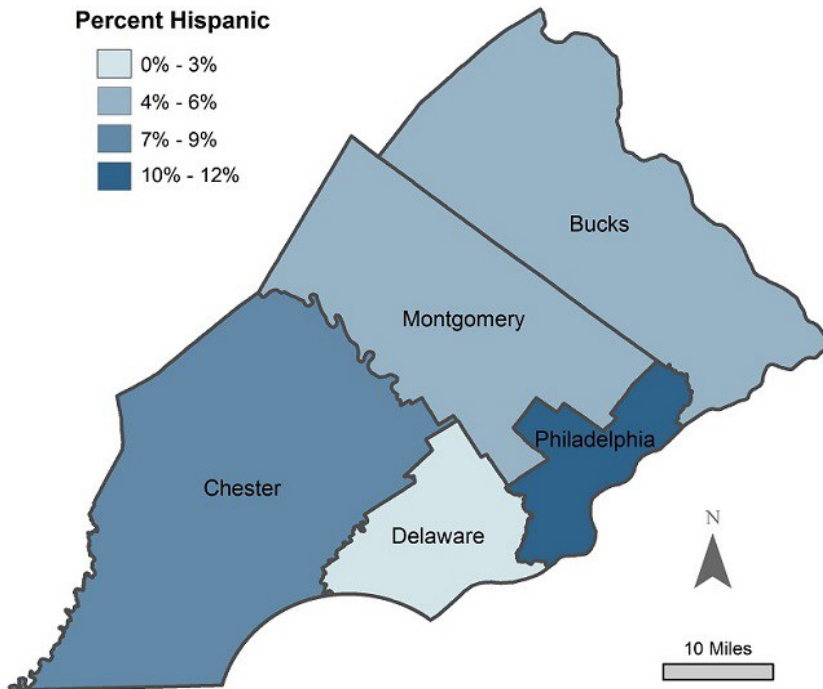
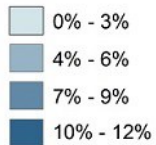




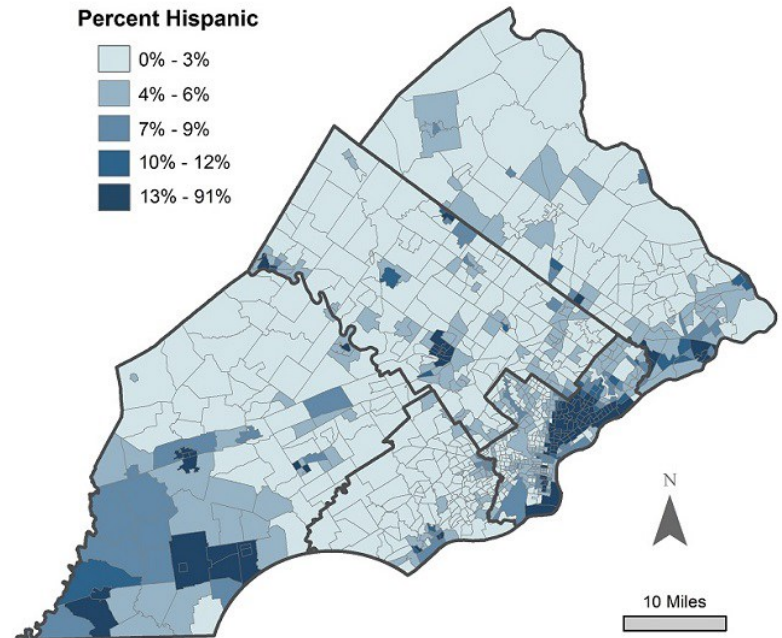
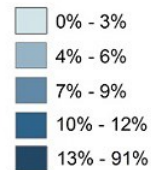
# Měřítko a vymezení areálů



Percent Hispanic



Percent Hispanic





# Relativní a absolutní data

- Můžu zobrazovat i absolutní data?
  - Jen když jsou použity jednotky stejného velikosti a tvaru
- Jak je získat data relativní?
  - Už je stáhnu, dostanu, ....
  - Můžu je vypočítat z absolutních!
- Normalizace, standardizace

Symbology - ZSJ\_P

Primary symbology

Graduated Colors

Field: FID\_1

Normalization: SHAPE\_Area

Method: Defined Interval

Interval size: 100

Classes: 5

Color scheme

show:

Features


Categories

Quantities

- Graduated colors
- Graduated symbols
- Proportional symbols
- Dot density

Charts

Multiple Attributes



Draw quantities using color to show values.

Fields

Value: POCET\_OB

Normalization: Rozloha [km2]

Classification

Manual

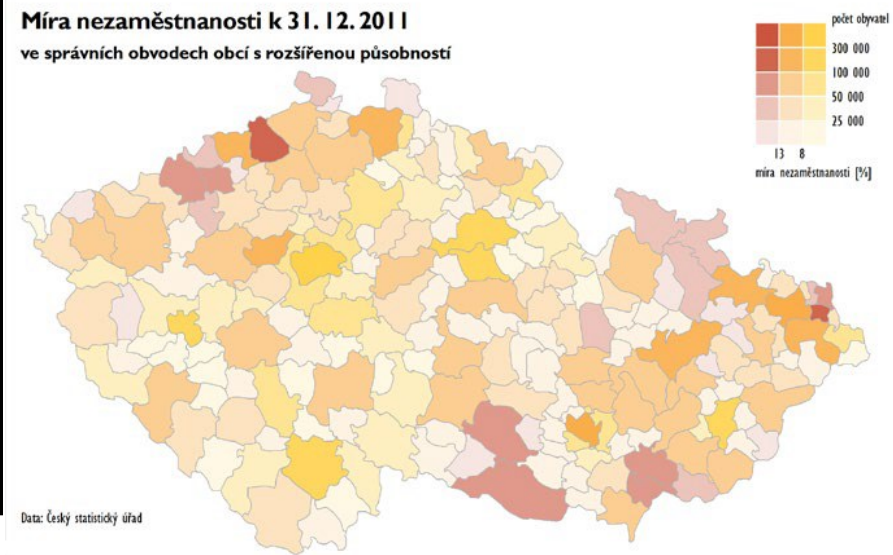
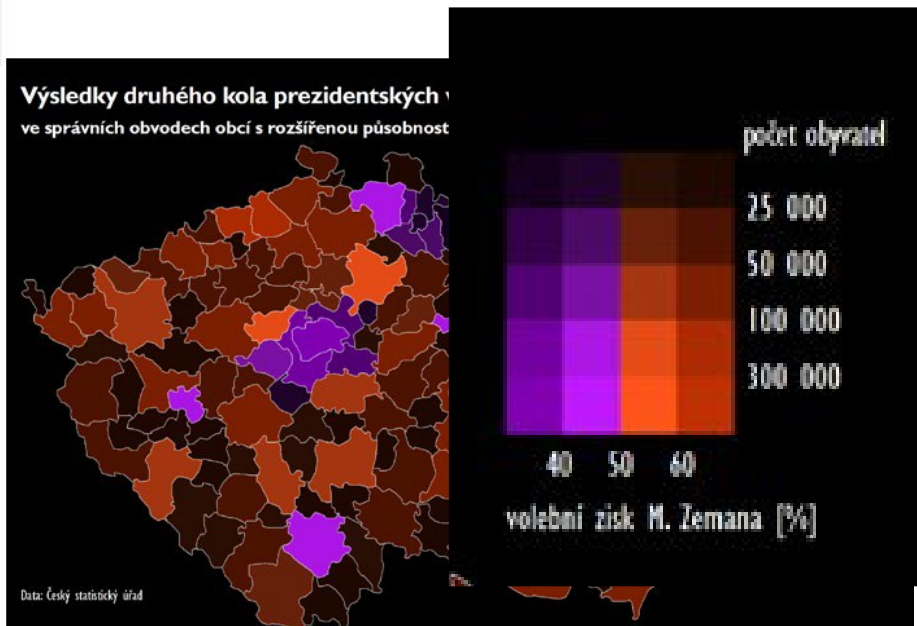
Classes: 5

Color Ramp:

Symbol	Range	Label
	37,1536146 - 96,4999999	37 - 96
	96,5000000 - 159,4999999	97 - 159
	159,5000000 - 297,4999999	160 - 297
	297,4999999 - 995,4999999	298 - 995
	995,5000000 - 2503,5000000	996 - 2503

# Normalizace

- Dva obecné typy normalizace:
  - **statistická** normalizace – prostřednictvím dat
  - **vizuální** normalizace – s využitím grafických proměnných
    - úpravou sytosti (nebo průhlednosti) = „value-by-alpha“ mapa
    - úpravou velikosti jednotky = anamorfóza

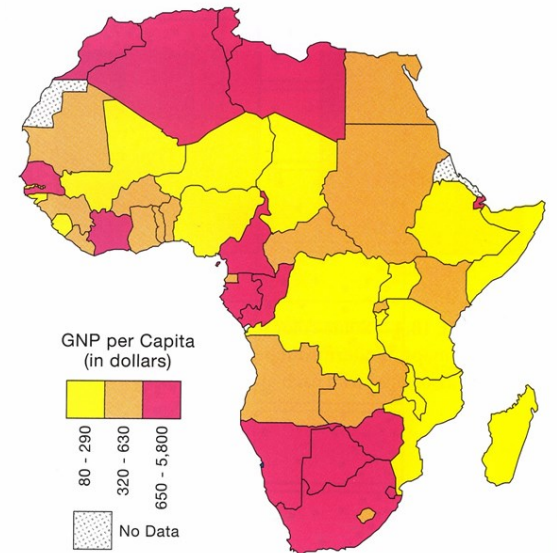
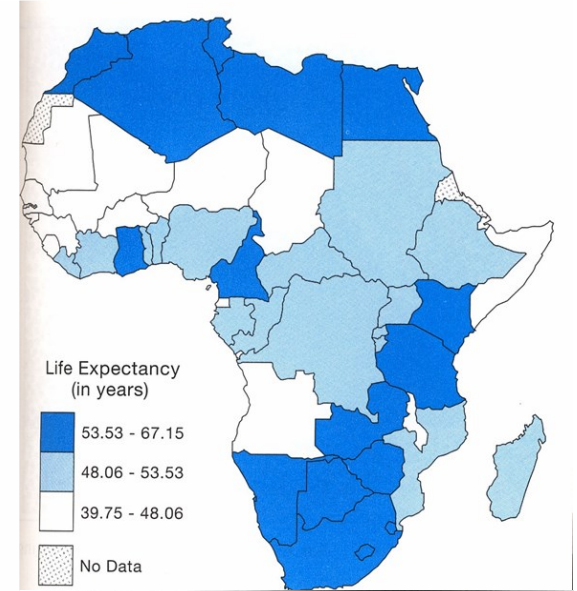
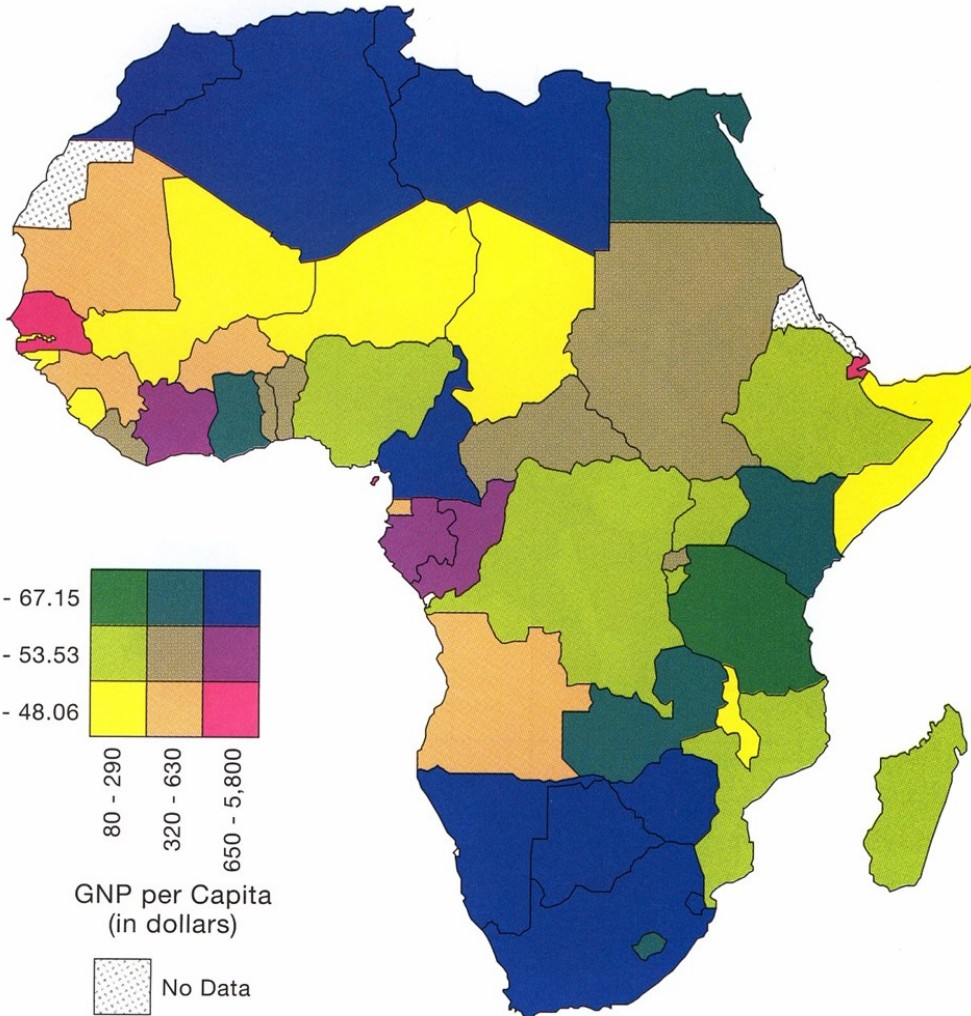






# Bivariantní kartogram

## Life Expectancy and GNP per Capita Africa, 1989







# Bivariantní kartogram – ArcGIS Pro

The screenshot displays the ArcGIS Pro software interface. The main map area shows a bivariate choropleth map of the Brno region, with the 'ZSJ\_P' layer selected. The map uses a color gradient from yellow (low values) to dark blue (high values) to represent the relationship between two variables: 'SHAPE\_Leng' and 'FID\_1 / SHAPE\_Area'. The map includes labels for various locations such as Troubsko, Moravany, and Slapanice, as well as road numbers like 384, 383, and 430. The interface includes a top ribbon with tabs for Project, Map, Insert, Analysis, View, Edit, Imagery, and Share. The 'Map' tab is active, showing tools for navigation and editing. The 'Contents' pane on the left lists the map layers, including 'ZSJ\_P', 'World Topographic Map', and 'World Hillshade'. The 'Symbology' pane on the right shows the 'Bivariate Colors' method with 'SHAPE\_Leng' as Field 1 and 'FID\_1 / SHAPE\_Area' as Field 2. The 'Field 1 Histogram' and 'Field 2 Histogram' are visible at the bottom of the symbology pane.

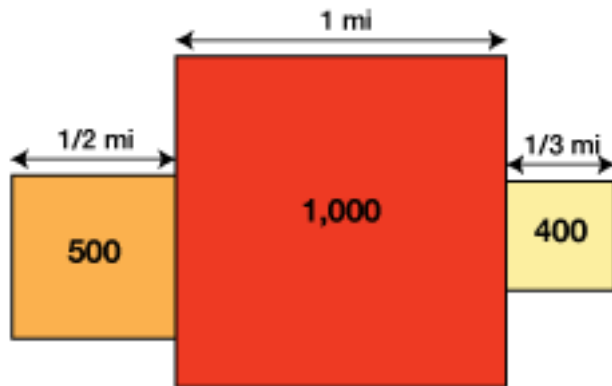


# Ke statistické normalizaci můžeme použít:

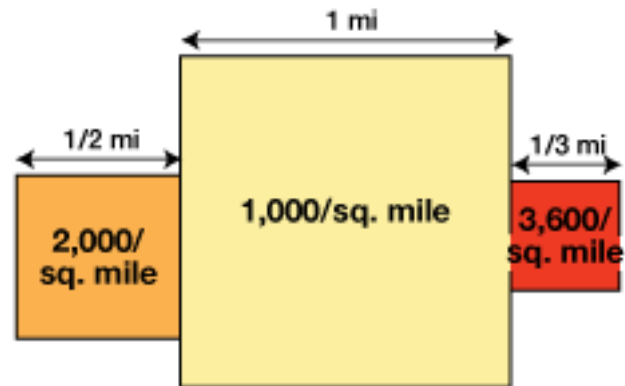
- 1) Plochu
- 2) Souhrnnou hodnotou za jednotku
- 3) Souhrnnou (průměr, modus, medián) hodnotou za všechny jednotky
- 4) Relevantní populaci
- 5) Předchozí časové období – *viz vizualizace změn*

# Normalizace plochou

- Právý kartogram
- Vzniká hustota
- Nejznámější příklad: hustota zalidnění (obyv./km<sup>2</sup>)



Total Number of Persons  
(Total Persons)



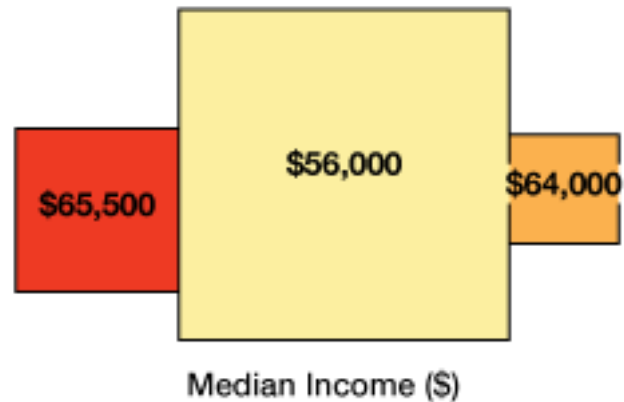
Population Density  
(Persons/Square Mile)





# Normalizace souhrnnou hodnotou za jednotku

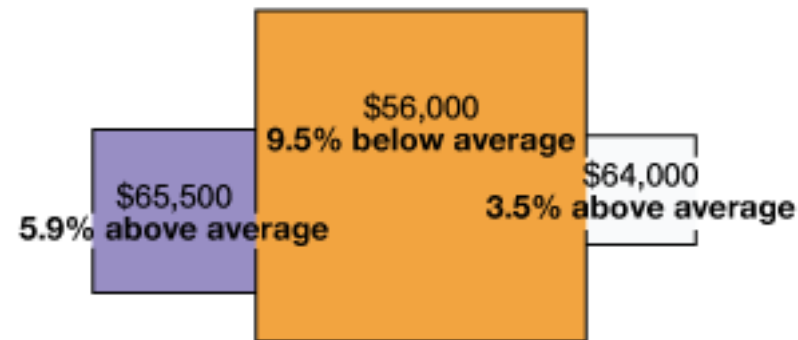
- Spočítám průměr/medián v jednotce
- Je to sice průměr, ale nejsou to zase **absolutní data**?!?





# Normalizace souhrnnou hodnotou za všechny jednotky

- Vypočítám průměr, modus, medián ... za všechny územní celky
- Dílčí jednotky pak znázorňují odchylku od „střední“ hodnoty



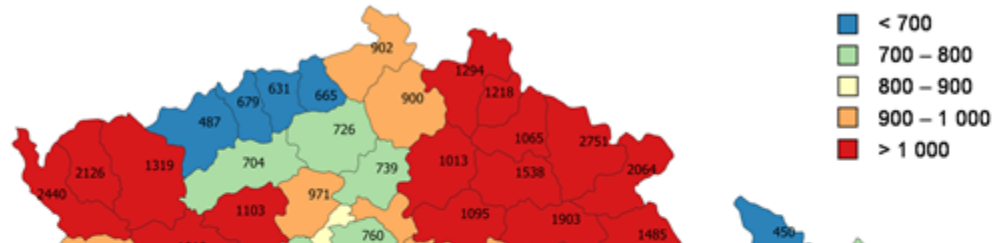
Comparison to Average Regional Income (\$)  
(Percentage Above/Below Average Regional Income)



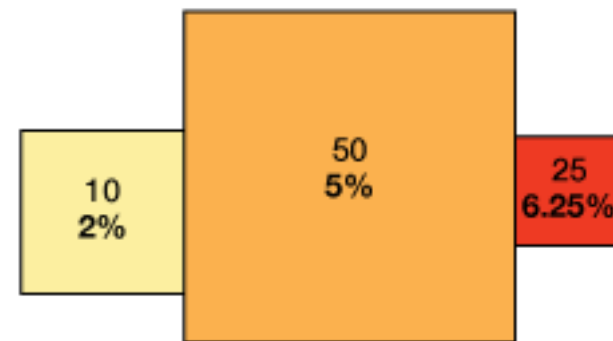
# Normalizace relevantní populací

- „Per capita“ (na hlavu), na 1000 obyvatel, ...
- Počet obyvatel, počet nemocných, počet ekonomicky aktivních, počet domácností, ...

14 denní počet nových případů k 31.1.2021 (na 100 000 obyv.)



Number of Persons in Labor Force  
(Total Persons in Labor Force)



Persons Unemployed and Percentage Unemployed  
(Persons in Labor Force Seeking Work/  
Total Persons in Labor Force)



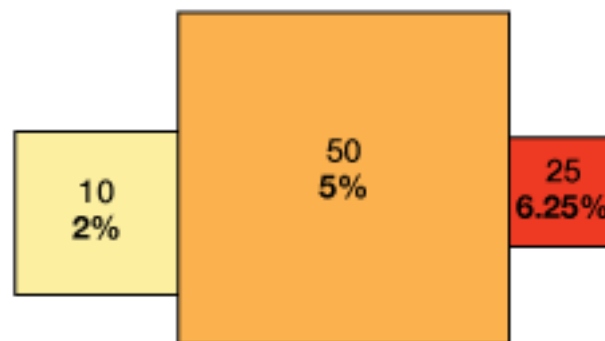


# Normalizace předchozím časovým obdobím

- Viz časové indexy



Total Population, 2008

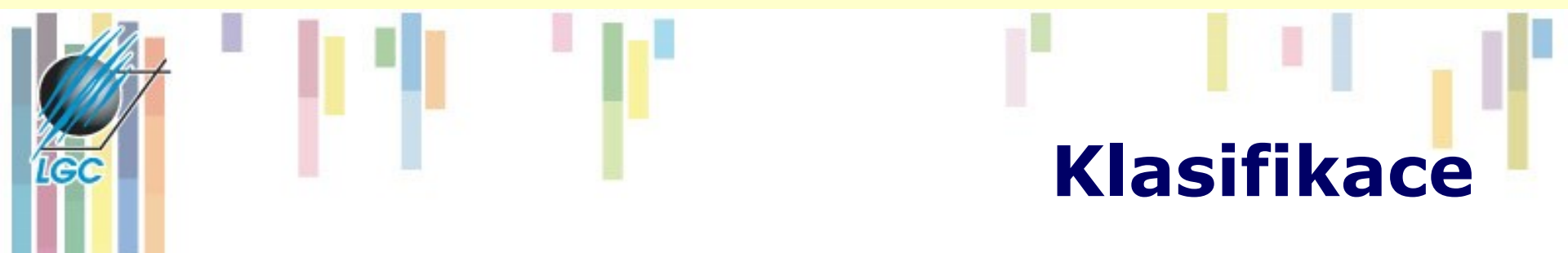


Total Population, 2018  
(Percent Change from 2008-2018)



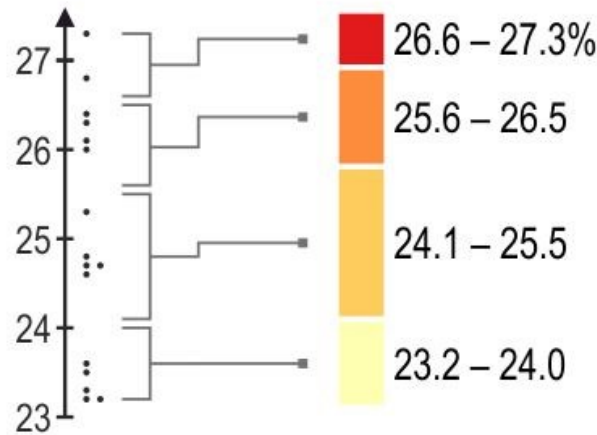
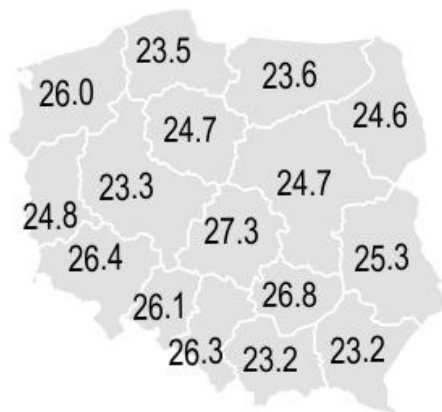
# Normalizace – závěr

- Při normalizaci je nezbytně nutné, aby byla data normalizována vůči stejnému univerzu hodnot, ve kterých byly naměřeny dané jevy.
  - ***Podíl musí dávat smysl!***
- Př.: *zastoupení nízkopříjmových domácností by měly být normalizovány vůči celkovému počtu domácností, nikoli vůči celkovému počtu obyvatel.*
- Pro pravdivou a efektivní kartografickou komunikaci dat je důležitá normalizace, a to jak statistická tak i vizuální.



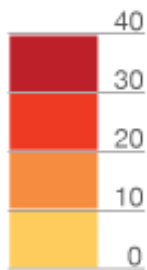
# Klasifikace

base map and data → classification → symbolisation → choropleth map

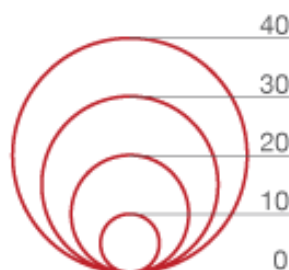


Share of population over the age of 60

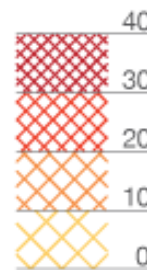
data: Eurostat, © EuroGeographics for the administrative boundaries



Choropleth



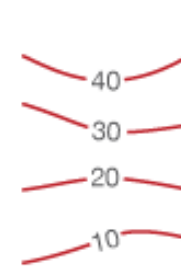
Graduated Symbol



Pattern

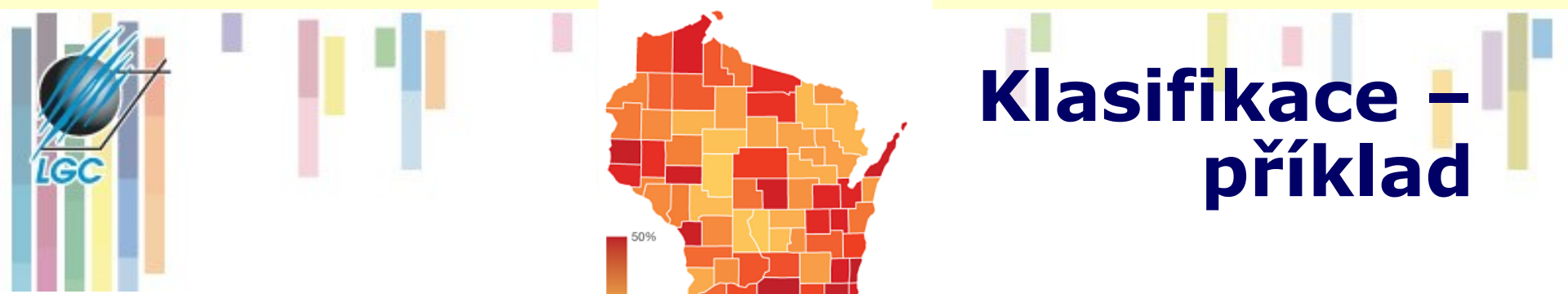


Flow

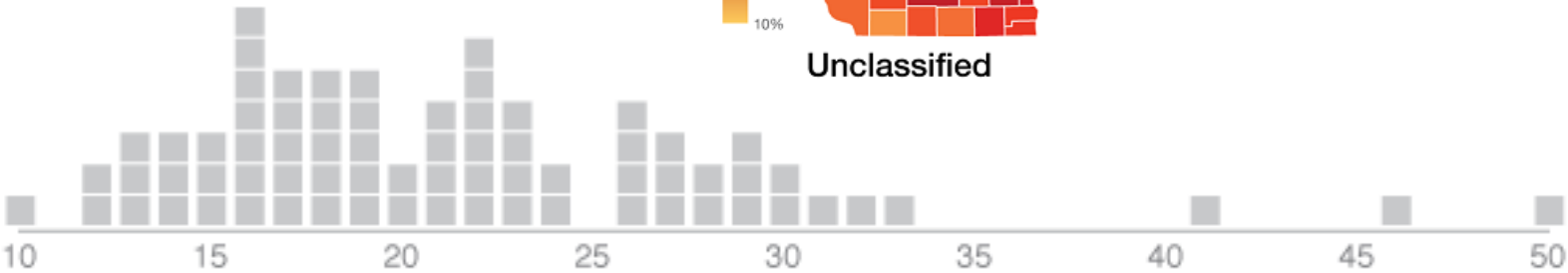
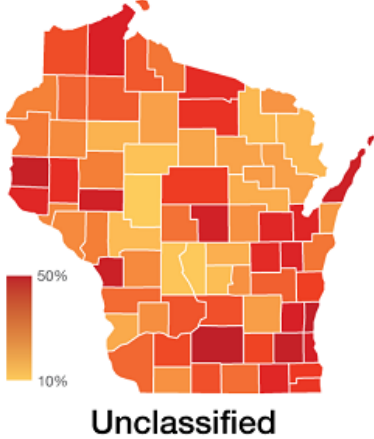


Isoline





# Klasifikace – příklad



- *Percentage of residents over the age of 25 in Wisconsin that possess a Bachelor's degree or higher in Wisconsin in 2016 by county*
- *There are 72 values in the dataset representing one for each county, and the range is from a minimum of 10% and a maximum of 50%.*
- *The data is based on the American Community Survey 5-year Estimates for educational achievement from 2012-2016 .*
- *Data is modified very slightly for simplicity of illustration (the highest value, Dane County, rounded up to 50% from 49%, and lowest value, Clark County, rounded down to 10% from 11%).*
- *The data is not heavily skewed, although there is a slight positive skew with some outliers.*



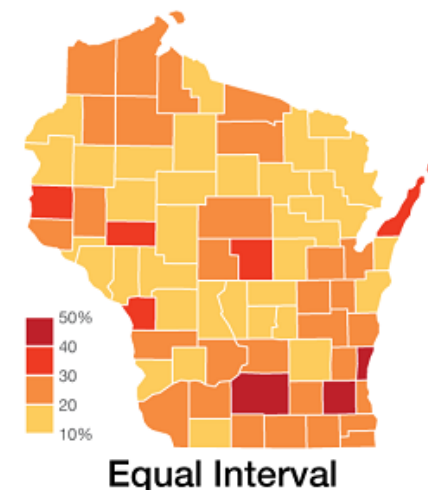
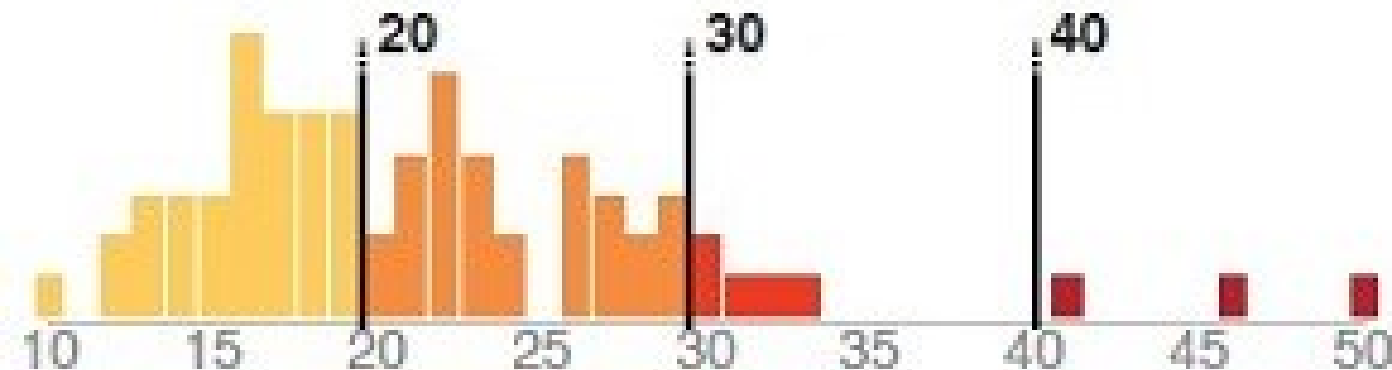
# Klasifikace – metody

- 1) Stejné intervaly
  - 2) Kvantily
  - 3) Průměr a násobky směrodatné odchylky
  - 4) Metoda maximálních zlomů (Maximum breaks)
  - 5) Metoda přirozených zlomů
  - 6) Vlastní
- Jenks



# Stejné intervaly

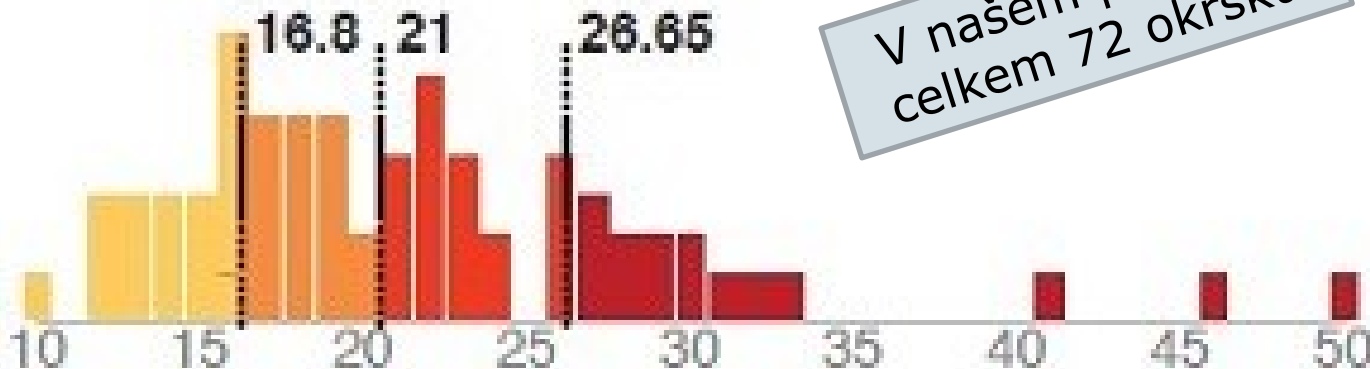
- Zadává se počet intervalů a data jsou rozdělena do intervalů o stejném rozsahu (ArcGIS Pro: *Equal Interval* → počet; *Defined Interval* → šířka)
- Mohou nastat případy, kdy v daném rozsahu třídy bude nula prvků!
- Vzhledem k tomu, že v hraničních třídách se vyskytují většinou málo četné odlehlé hodnoty, je toto rozdělení vhodné pro **zvýraznění extrémů**.
- **Není vhodné**, pokud je **rozdělení dat zešikmené** nebo existují v něm **příliš odlehlé hodnoty**.
- Částečně související metodou jsou **geometrické intervaly**
  - Metoda definuje nejužší třídu a šířky ostatních tříd odvozuje pomocí proměnlivého násobného faktoru



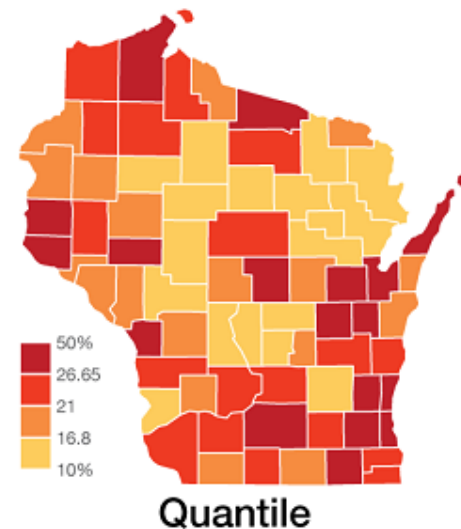


# Kvantily

- Kvartily, pentily, decily, percentily...
- *ArcGIS Pro: Quantile*
- Metoda rozděluje data do nerovnoměrně velkých tříd, ale se stejným počtem prvků ve třídách.
- Metodu je vhodné použít v případě, kdy jsou **data lineárně distribuována** s přiměřeným počtem prvků s podobnými hodnotami nebo pokud se vyskytují extrémní hodnoty.
- Metoda je **nevhodná** v případech velkého množství prvků s podobnými hodnotami



V našem příkladě celkem 72 okrsků

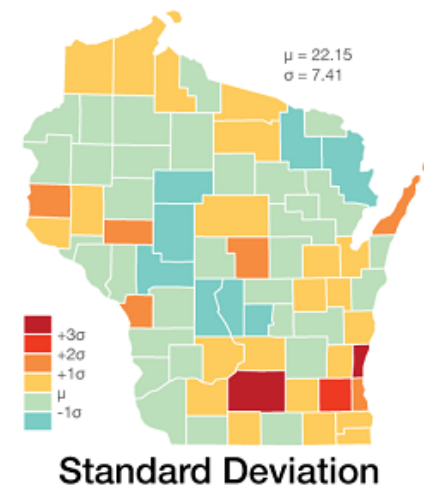
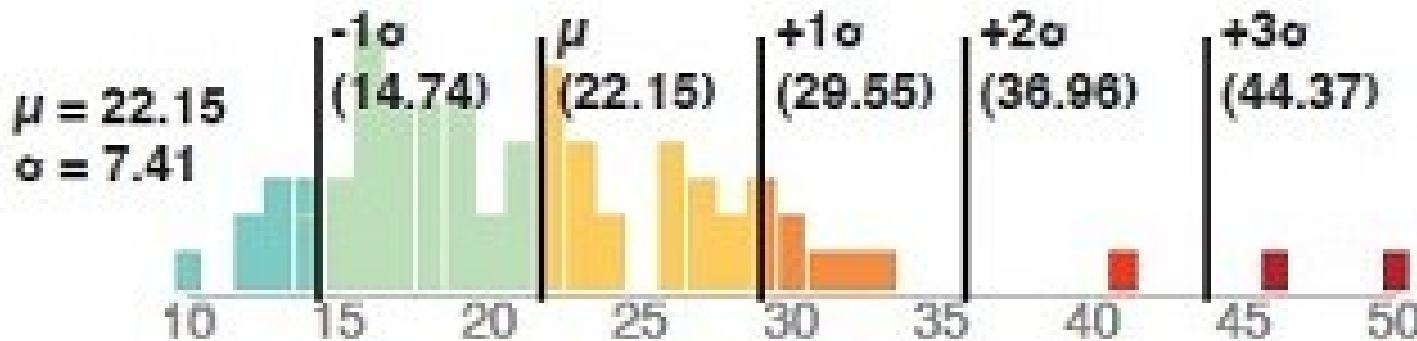




# Průměr a násobky směrodatné odchyly

- Metoda vytváří třídy jako podíly směrodatné odchyly nad a pod průměrem dat, neboli ukazuje, jak moc se data odchyľují od průměru
- Ideální pro data kterém mají normální rozdělení
- Není vhodná v případě velkého počtu extrémních hodnot.

Průměr = 22,15  
Sm. odch. = 7,41

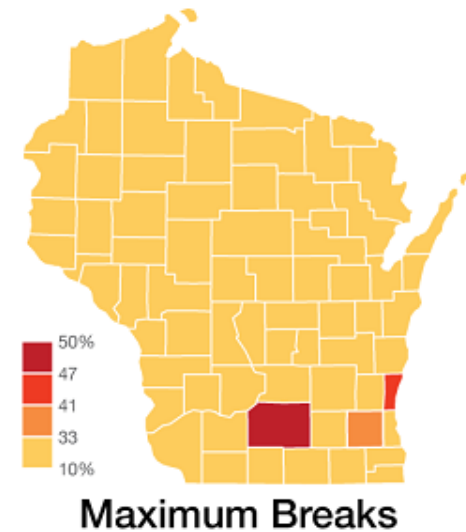
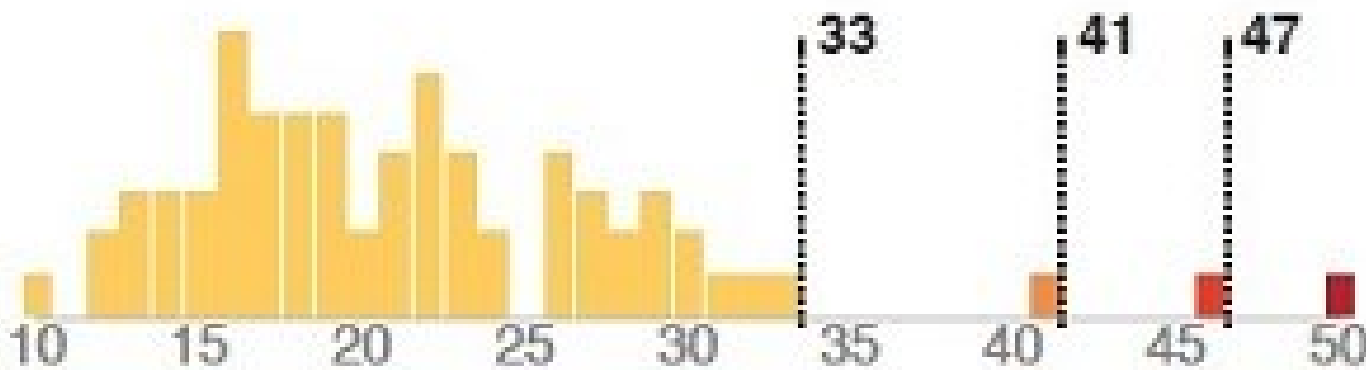






# Metoda maximálních zlomů

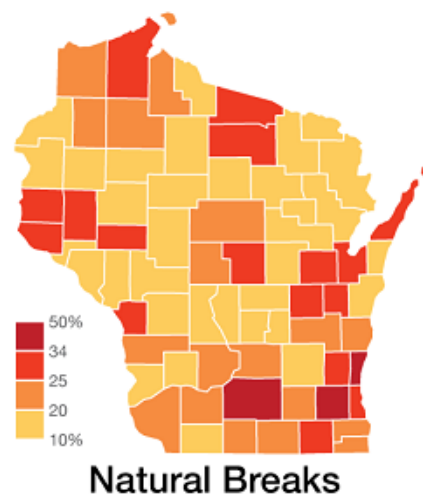
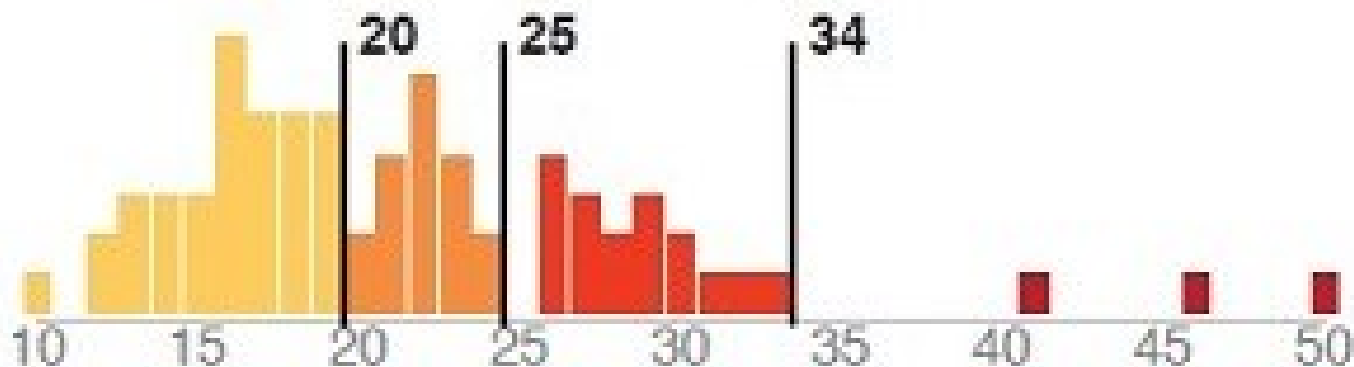
- Hledají se největší mezery v histogramu
- Hranice se tříd se umístí do největších „mezer“
- Nevhodné v případě dat **s několika odlehlými hodnotami**





# Metoda přirozených zlomů

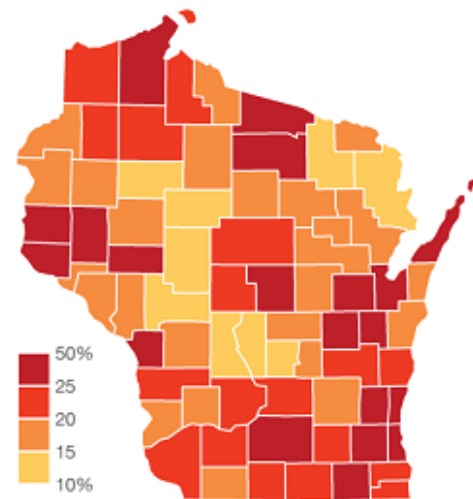
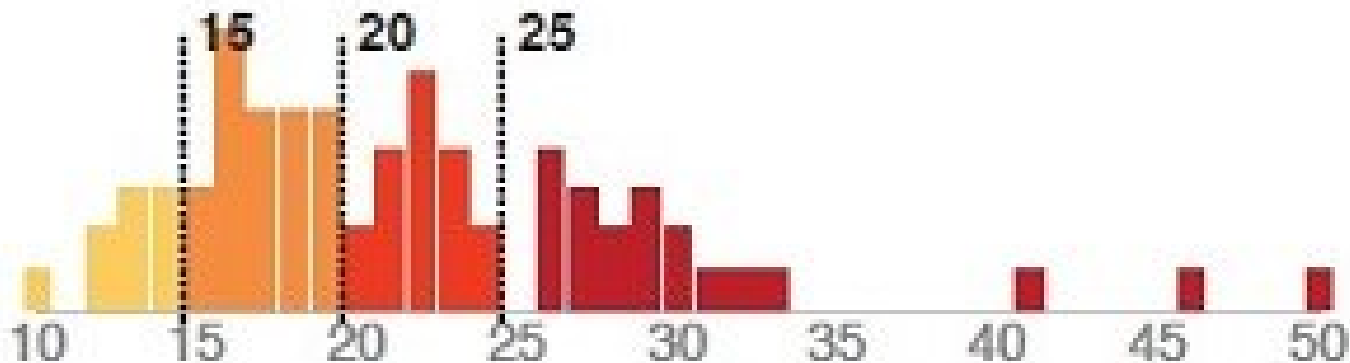
- **Natural breaks**
- Vychází z analýzy histogramu
- Hledají se lokální minima (zlomy)
- Subjektivní





# Vlastní klasifikace

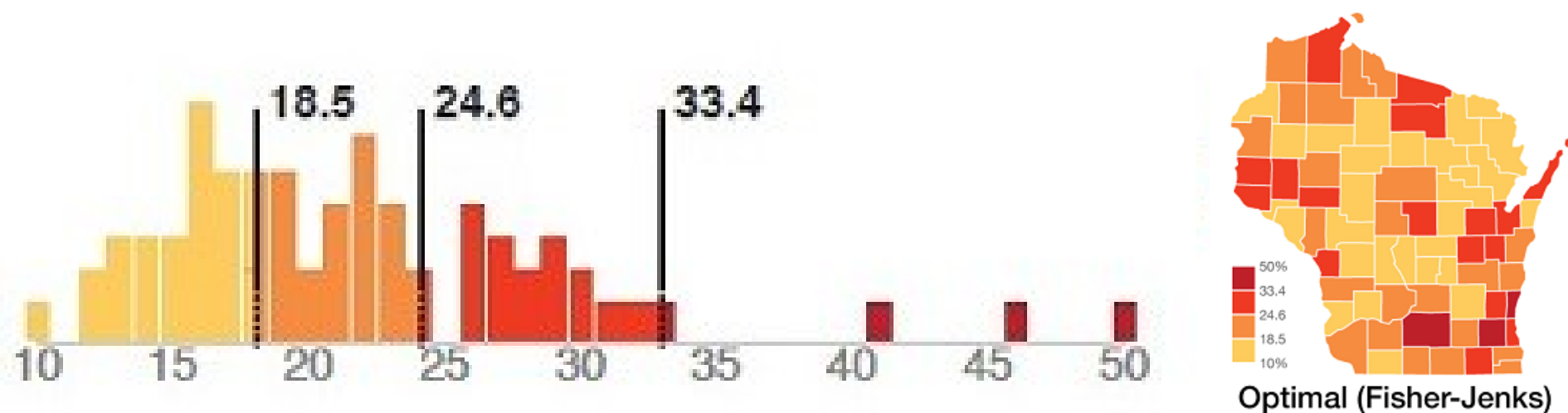
- Manuální zadání
- Např. pokud jsou předem dány klíčové hodnoty
- Při nevhodném zvolení šířky třídy se může stát, že poslední třída nesoucí maximální hodnoty může zůstat z velké části prázdná





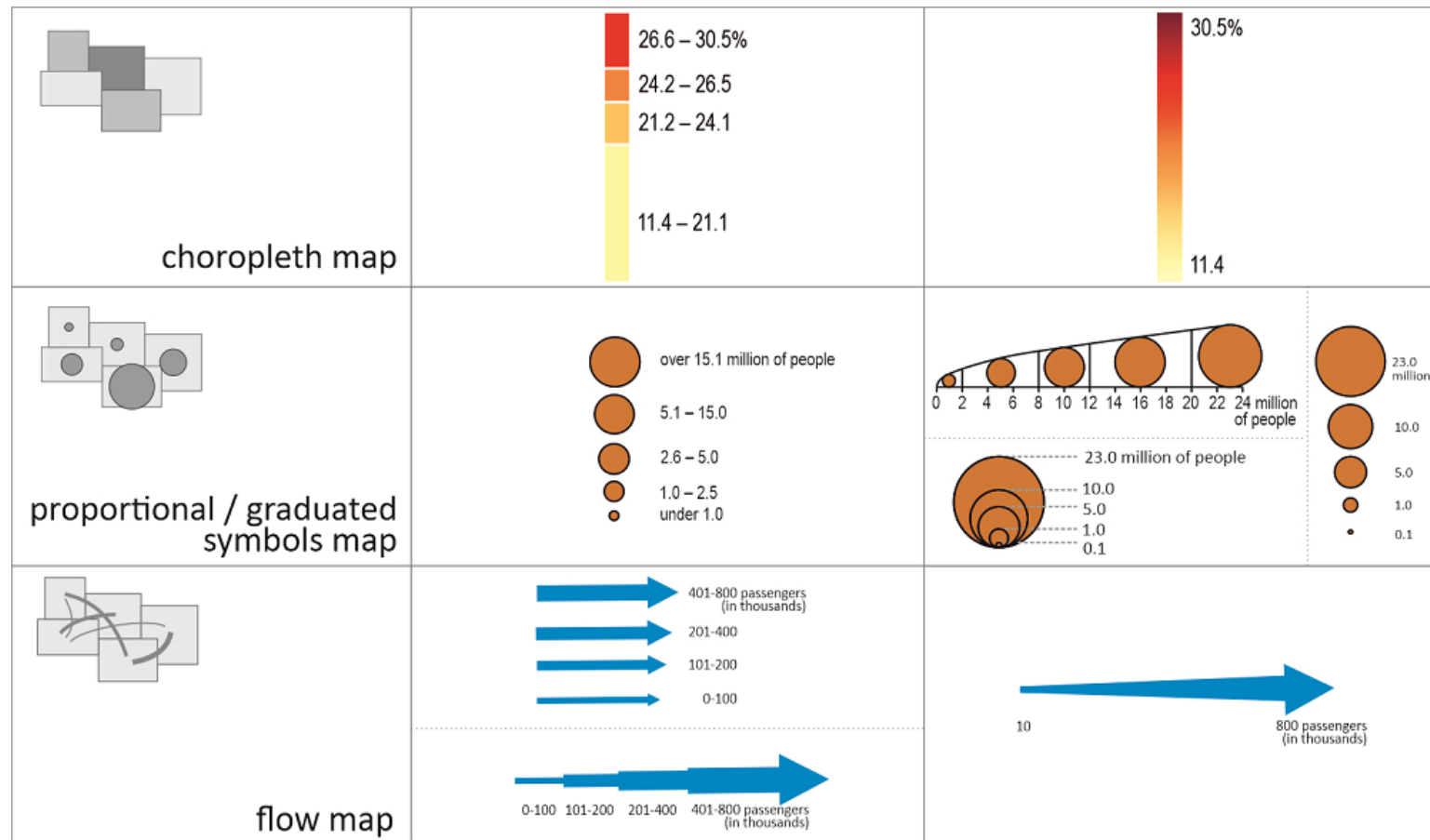
# Jenks

- Metoda hledá **přirozené zákonitosti a seskupení v datech** a vytváří třídy na základě těchto přirozených skupin.
- Hranice jsou definovány v místech s relativně velkými rozdíly v datech
- ArcGIS Pro: Natural Breaks (Jenks), v QGISu stejný název
- Jedná se o univerzální klasifikační metodu, vhodnou pro většinu dat a začátečníky bez hlubší znalosti klasifikačních metod.
- Vždy je však vhodné hranice intervalů **manuálně upravit** (zaokrouhlit) na „rozumné hodnoty“.



# Je klasifikace nutná?

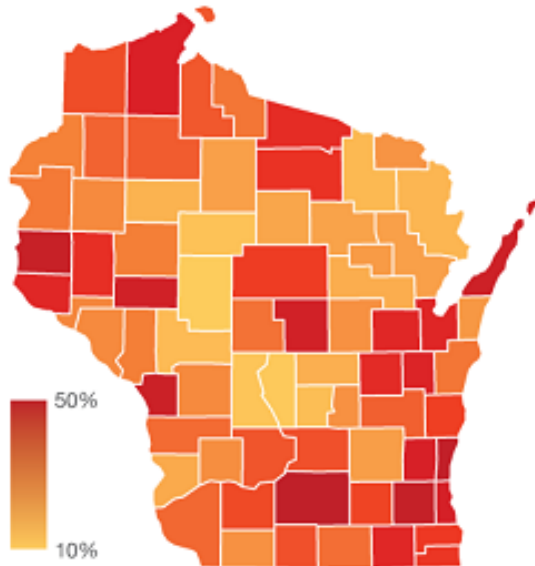
- Klasifikace **usnadňuje** a **zrychluje** čtení mapy  
= identifikaci prostorového vzoru





# Někdy to ale jde i bez klasifikace

- **Kontinuální barevná škála**
- **Výšky extrudovaných areálů („3D“)** nejsou ovlivněny klasifikací do konečného počtu tříd. V podstatě zobrazují surová data a výška může napomoci například při volbě klasifikace.
  - Příklad: *výška areálu s dvojnásobnou hodnotou zpracovávaného atributu je zobrazena jako dvojnásobná.*
  - Funguje především v případě **interaktivní** 3D vizualizace



Unclassified



Lze vyzkoušet zde:

[https://olli.wz.cz/3d\\_traffic\\_offences/speed-districts.html](https://olli.wz.cz/3d_traffic_offences/speed-districts.html)

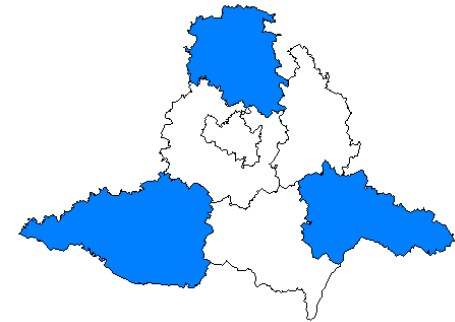
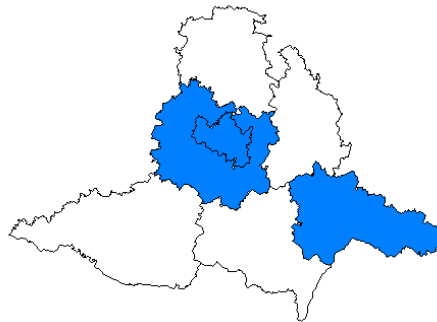
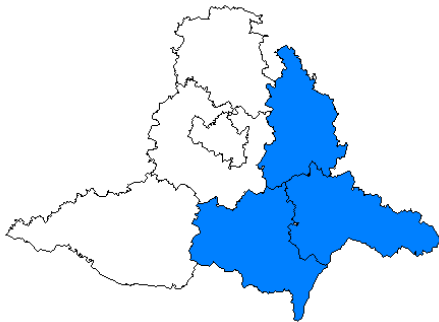


# Statistická analýza plošných jevů

- **porovnání prostorového uspořádání studovaného jevu s uspořádáním teoretickým** (shlukovým, pravidelným či náhodným)
- **typologie** prostorového uspořádání jevů (bez územní souvislosti)
- **regionalizace** – seskupování jednotek (polygonů) do vyšších územně souvisejících celků
- **interpolace a vyhlazování** areálových dat

# Prostorová autokorelace

- Hodnoty atributů ploch spolu korelují v závislosti na jejich vzájemné poloze.
- To může být v důsledku podobných přirozených (přírodních) podmínek (*např. produkce zemědělských podniků*) či v důsledku přirozené spojitosti jevů.
- Příklad: **pozitivní** prostorové autokorelace (*shlukové uspořádání – vlevo*) a **negativní** prostorové autokorelace (*disperzní uspořádání – vpravo*)





# Prostorová autokorelace

- Prostorová autokorelace měří stupeň podobnosti atributů mezi danou plochou a plochami sousedními. Nejprve proto musí být vztahy sousedství jistým způsobem kvantifikovány.
- Způsoby definování sousedství (*Rook's case* – věž, *Queen's case* – Dáma)
- **Binární matice** konektivity (sousedí – 1, nesousedí – 0)
- **Stochastická matice** = matice se standardizovanými řádkovými vahami (RSWM) – záleží na počtu sousedů (př.: 4 → 0,25)

<i>Id</i>	<i>Brno_venko</i>	<i>Blansko</i>	<i>Vyškov</i>	<i>Brno_město</i>	<i>Hodonín</i>	<i>Znojmo</i>	<i>Břeclav</i>
Brno-venkov	0.0000	0.2000	0.2000	0.2000	0.0000	0.2000	0.2000
Blansko	0.3333	0.0000	0.3333	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000
Vyškov	0.2500	0.2500	0.0000	0.0000	0.2500	0.0000	0.2500
Brno-město	0.5000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hodonín	0.0000	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
Znojmo	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
Břeclav	0.2500	0.0000	0.2500	0.0000	0.2500	0.2500	0.0000

- Vedle sousedství je další běžně užívanou mírou prostorové relace objektů jejich **vzdálenost** (v případě polygonů např. vzdálenost centroidů)



# Míry prostorové autokorelace areálů

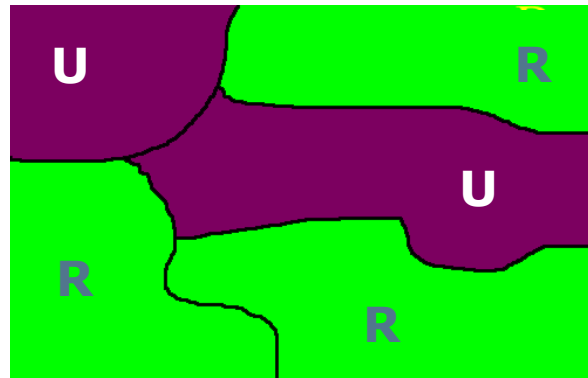
- **Globální míry prostorové autokorelace:**
  - Data nominální
    - Joint Count Statistics (JSC) – Statistika charakteru sousedství
  - Data intervalová a poměrová
    - Moranův index I
    - Gearyho poměr C
    - G statistika
- Prostorová autokorelace se může měnit v rámci studované oblasti →  
**Lokální míry prostorové autokorelace:**
  - Local Indicator of Spatial Association (LISA)
  - Lokální verze G-statistiky (local G-statistics).
- Ke grafickým prostředkům hodnotícím prostorovou autokorelaci patří také **Moranův scatterplot** diagram.





# Joint count statistics (JCS)

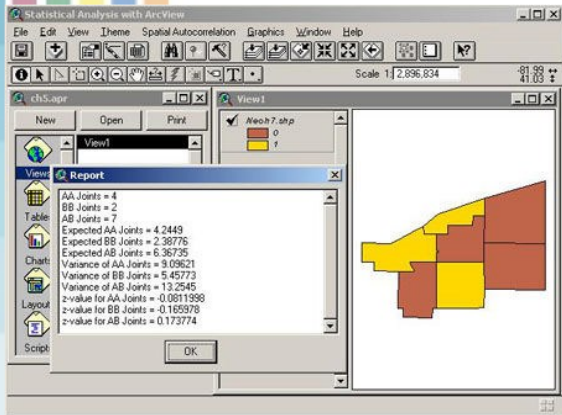
- Touto metodou lze zjistit, zda uspořádání ploch, které mohou nabývat binárních hodnot vykazuje prvky náhodnosti.
- Tedy zda existuje pozitivní (clustered pattern) či negativní (random pattern) prostorová autokorelace.



- Podstata metody:
  - U – zástavba, R – volná krajina.
  - Čtyři typy sousedství: UU, RR, UR, RU.
  - $UR + RU < 50\%$  → pozitivní prostorová autokorelace.
  - $UR + RU > 50\%$  → negativní prostorová autokorelace

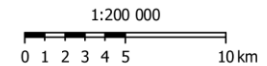
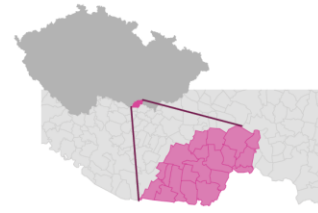


# Joint count statistics (JCS)



## ZASTOUPENÍ SENIORŮ VE 20 VYBRANÝCH OBCÍCH JIHMORAVSKÉHO KRAJE

k 31. 12. 2009



**Podíl občanů starších 64 let ku celkovému počtu obyvatel**

- podprůměrný (<6.30334)
- nadprůměrný (>6.30334)

**Jihomoravský kraj**  
 Počet obyvatel: 1150454  
 Počet obyvatel starších 64 let: 182515  
 Průměr z poměru celkového počtu obyvatel v obci ku počtu obyvatel starších 64 let: 6.30334

Počet pozorovaných AA sousedů = 40  
 Počet pozorovaných BB sousedů = 0  
 Počet pozorovaných AB sousedů = 2  
 Očekávaní AB sousedé = 37.905  
 Očekávaní BB sousedé = 0.105  
 Očekávaní AB sousedé = 3.99  
 Variance AA sousedů = 16.6421  
 Variance BB sousedů = 0.1406  
 Variance AB sousedů = 22.8314  
 Z skóre pro AA sousedy = 0.513547  
 Z skóre pro BB sousedy = -0.280025  
 Z skóre pro AB sousedy = -0.416473

V našem případě:

A = nadprůměrný podíl občanů starších 64 let k celkovému počtu obyvatel

B = podprůměrný podíl občanů starších 64 let k celkovému počtu obyvatel



# Indexy pro hodnocení prostorové autokorelace plošných jevů

- **Moranův (I) index** a **Gearyho (C) index**
- Jsou využitelné pro intervalová a poměrová data
- Jsou založeny na porovnávání hodnot atributů sousedních ploch
- Mají-li tyto sousední plochy v celé studované oblasti podobné hodnoty, potom obě statistiky budou svědčit o silné pozitivní prostorové autokorelaci a naopak.
- Obě statistiky využívají odlišný přístup k porovnávání hodnot sousedních ploch
- **Vhodnější** vlastnosti vzhledem k rozdělení hodnot má **Moranův index**

# Moranův (I) index

- Hodnota indexu kolísá od -1 pro negativní prostorovou autokorelaci do +1 pro pozitivní prostorovou autokorelaci.
- Vypočteme hodnoty I a  $E(I)$  a následně musíme zjistit, zda rozdíl mezi nimi je statisticky významný.
- Tento rozdíl je opět nutné vztáhnout k míře variability (např. rozptylu) a pomocí ní odvodit standardizovanou hodnotu z-skóre
- Pokud je hodnota  $Z_n(I)$  menší (resp. větší) než -1,96 (resp. 1,96) je hodnota indexu I statisticky významně negativní (resp. pozitivní) na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ .



Moranův index = -0,144  
 Očekávaný Moranův index = -0,053  
 Variance/rozptyl = 0,001  
 Z skóre = -2,727



# Moranův (I) index

## • Spatial Statistics Tools

**Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) (Spatial Statistics Tools)**

Started: Today at 10:17:51  
 Completed: Today at 10:17:52  
 Elapsed Time: 1 Second

**WARNING 001605:** Distances for Geographic Coordinates (degrees, minutes, seconds) are analyzed using Chordal Distances in meters.

Parameters Environments **Messages (4)**

**Global Moran's I Summary**

Moran's Index	0,261567
Expected Index	-0,003390
Variance	0,001280
z-score	7,406022
p-value	0,000000

Writing html report....  
 C:\Users\Lukas\Documents\ArcGIS\Projects\mobily\_brno\_test\MoransI\_Result\_10448\_11288  
 Succeeded at pondělí 20. března 2023 10:17:52 (Elapsed Time: 1,74 seconds)

Geoprocessing

Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)

Parameters Environments

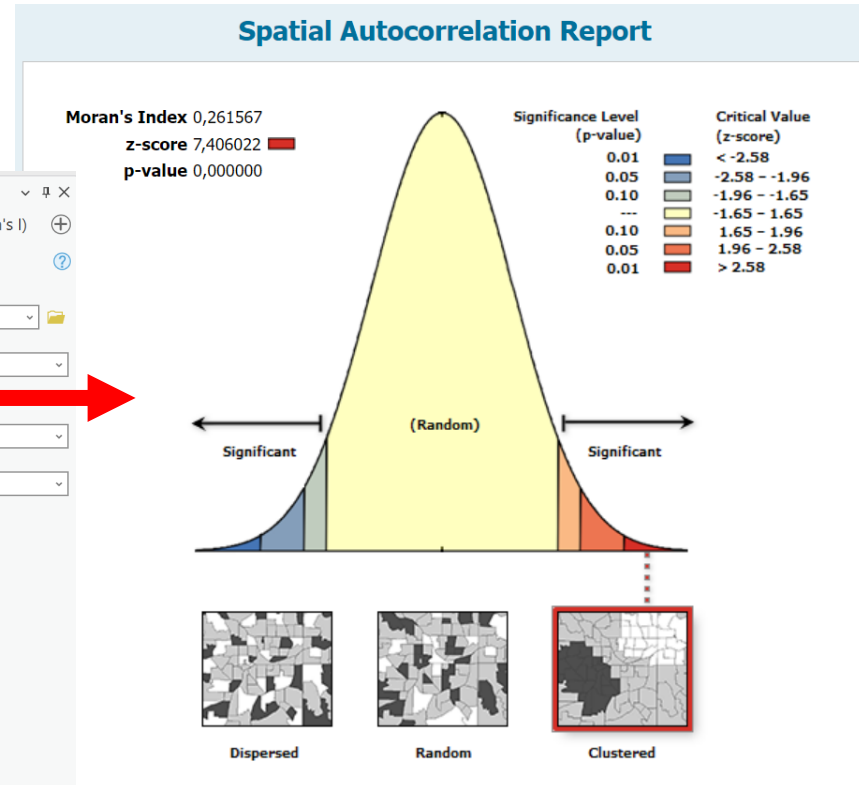
Input Feature Class  
brno\_obyv\_20-9-2021

Input Field  
obyv\_cas1\_

Generate Report

Conceptualization of Spatial Relationships  
Contiguity edges only

Standardization  
Row



Given the z-score of 7.406022, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

### Global Moran's I Summary

<b>Moran's Index</b>	0,261567
<b>Expected Index</b>	-0,003390
<b>Variance</b>	0,001280
<b>z-score</b>	7,406022
<b>p-value</b>	0.000000



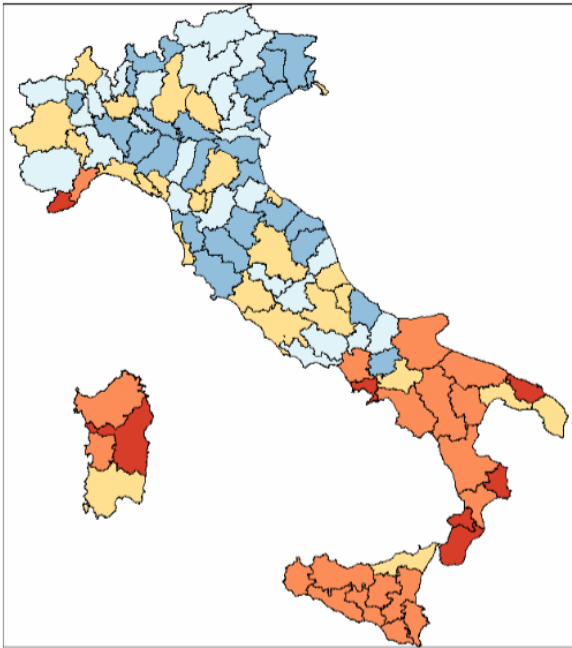


# Gearyho (G) index

- Pro hodnotu indexu není rozhodující, která z hodnot je větší či menší, ale jaký je jejich absolutní rozdíl – jejich nepodobnost (ve výrazu je druhá mocnina jejich rozdílu).
- Gearyho index nabývá hodnot v **intervalu 0 až 2**.
- Hodnota 0 indikuje dokonalou pozitivní autokorelaci (všechny sousední hodnoty atributů jsou stejné). Naopak hodnota 2 indikuje dokonalou negativní prostorovou autokorelaci. Hodnota 1 znamená nulovou prostorovou autokorelaci – náhodné uspořádání
- Očekávaná hodnota Gearyho indexu nezávisí na počtu posuzovaných ploch, ale má vždy hodnotu 1.
- Pro prokázání statisticky významného rozdílu je nutné vypočítat hodnotu rozptylu a Z-skóre.
- Hodnota rozptylu se opět vypočte rozdílně v závislosti na předpokladu normality či náhodnosti.
- Z výše uvedeného plyne, že negativní hodnota Z-skóre značí pozitivní prostorovou autokorelaci a kladná hodnota Z-skóre značí negativní.

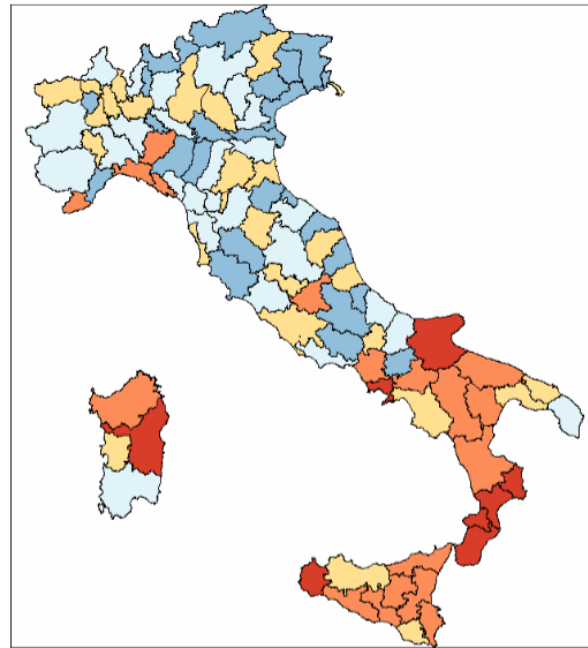
1999

2003



BoxMap (Hinge=1.5) : MURDER\_99

- Lower outlier (0)
- < 25% (25)
- 25% - 50% (26)
- 50% - 75% (26)
- > 75% (19)
- Upper outlier (7)



BoxMap (Hinge=1.5) : MURDER\_03

- Lower outlier (0)
- < 25% (25)
- 25% - 50% (26)
- 50% - 75% (26)
- > 75% (18)
- Upper outlier (8)

# Porovnání

[https://www.researchgate.net/publication/226212823\\_Geographical\\_distribution\\_of\\_crime\\_in\\_Italian\\_provinces\\_A\\_spatial\\_econometric\\_analysis/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/226212823_Geographical_distribution_of_crime_in_Italian_provinces_A_spatial_econometric_analysis/figures?lo=1)

	<b>Moran's I</b>	<b>Z Score</b>	<b>Geary's C</b>	<b>Z Score</b>
Murders 1999	0.4842***	7.1832	0.5372***	-6.3997
Murders 2003	0.4446***	6.6067	0.5745***	-5.8839

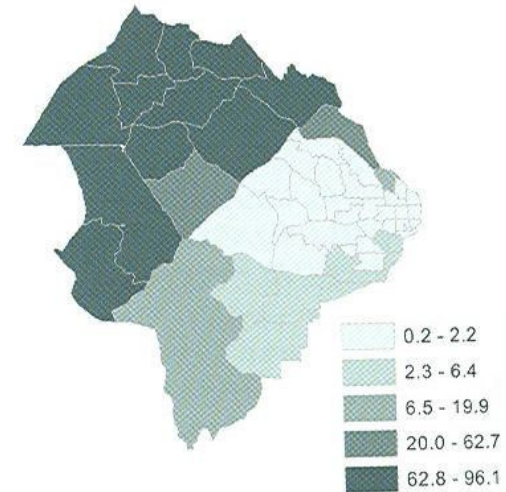
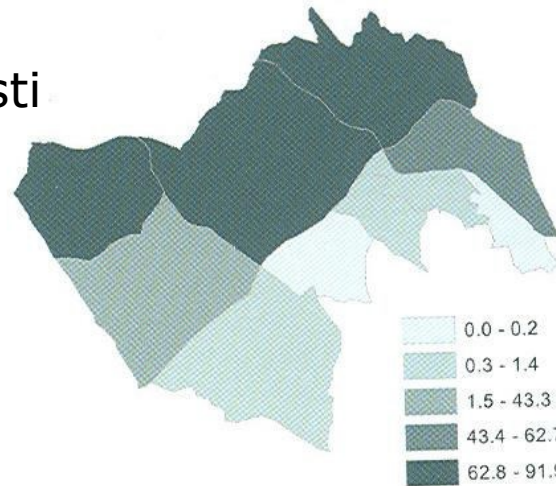
# Omezení globálních měr I, C

- Pouze řeší, zda:
  - Podobné blízko sebe – pozitivní prostorová autokorelace
  - Nepodobné blízko sebe – pozitivní prostorová autokorelace

- V realitě hrají roli také:
  - Rozsah studované oblasti
  - Počet objektů (ploch)

- Nevýhody:

- Nejsou však efektivní k identifikaci rozdílných shluků prostorového uspořádání uvnitř oblasti.
- Identifikují oblasti s podobnými hodnotami atributů, nerozlišují však, zda podobné hodnoty nabývají vysokých či nízkých hodnot.





# Obecná G statistika

- Před výpočtem  $G(d)$  je nutné určit vzdálenost  $d$  (např.: 30km), která definuje plochy, které budou považovány za sousedy plochy posuzované. Musí být vhodně zvolena tak, aby posuzovaná plocha měla **alespoň jednoho** souseda.
- K interpretaci  $G(d)$  je nutné vyčíslit očekávanou hodnotu  $E(G)$  a následně standardizovanou hodnotu z-skóre a tedy i rozptyl hodnoty  $G(d)$ .
- Např. je-li vypočtená hodnota  $G(d)$  větší než očekávaná  $E(G)$ , můžeme říci, že pozorované uspořádání vykazuje pozitivní prostorovou asociaci.
- Statistickou významnost tohoto tvrzení je opět nutné testovat výpočtem hodnoty rozptylu a Z-skóre. Hodnota Z-skóre menší než 1,96 indikuje statisticky nevýznamný výsledek na hladině  $\alpha=0,05$ .

Id	Geauga	Cuyahoga	Trumbull	Summit	Portage	Ashtabula	Lake
Geauga	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Cuyahoga	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
Trumbull	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000
Summit	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Portage	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ashtabula	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
Lake	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

G-Statistics = 0.555756
The Expected G = 0.52381
The Variance of G = 0.00856308
Z-Value of G = 0.345226

OK



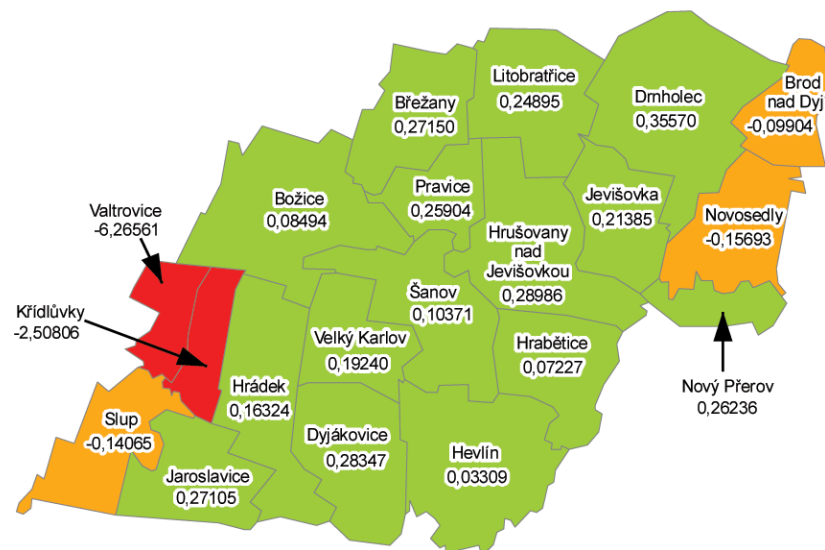
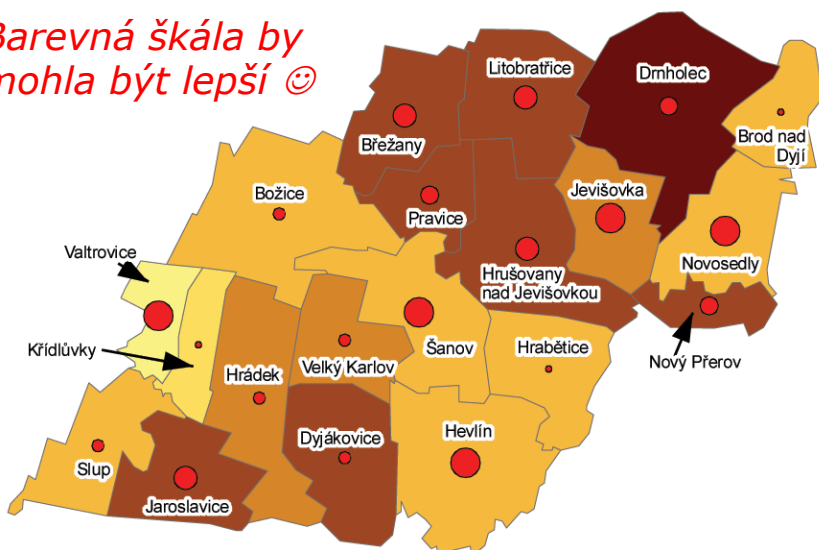
# Lokální statistiky prostorové autokorelace

- Předešlé zmiňované indexy jsou příkladem indexů globálních.
- Hodnoty prostorové autokorelace se mohou v různých suboblastech měnit.
- Navíc můžeme očekávat, že pozitivní autokorelaci lze nalézt v jednom sub-regionu a negativní v jiném.
- **LISA (Local Indicators of Spatial Association)** - lokální verze Moranova a Gearyho indexu.
- Ke zjištění úrovně prostorové autokorelace na lokální úrovni se vypočte hodnota indexu pro každou plochu zpracovávaného území.
- **Lokální Moranův index:**
  - Vysoké hodnoty indexu  $I$  mají ty areály, jejichž sousedé mají velmi podobné hodnoty studované charakteristiky.

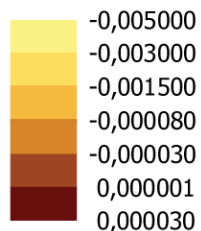


# Lokální Moranův index

Barevná škála by mohla být lepší 😊

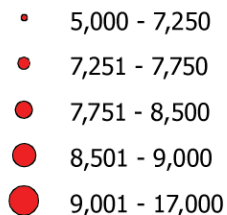


## Moranův index



## Podíl

### Poměr obyvatel starších 64 let



## Z skóre

### Moranova indexu



hranice obce a příslušné z skóre



hranice obce

Lukáš HERMAN, 4. ročník KART  
 Geografický ústav PĚF MU Brno  
 Vytvořeno v květnu 2010 v Brně  
 Zdroj dat: ČSÚ  
 Souřadnicový systém: S-42



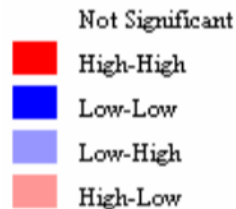
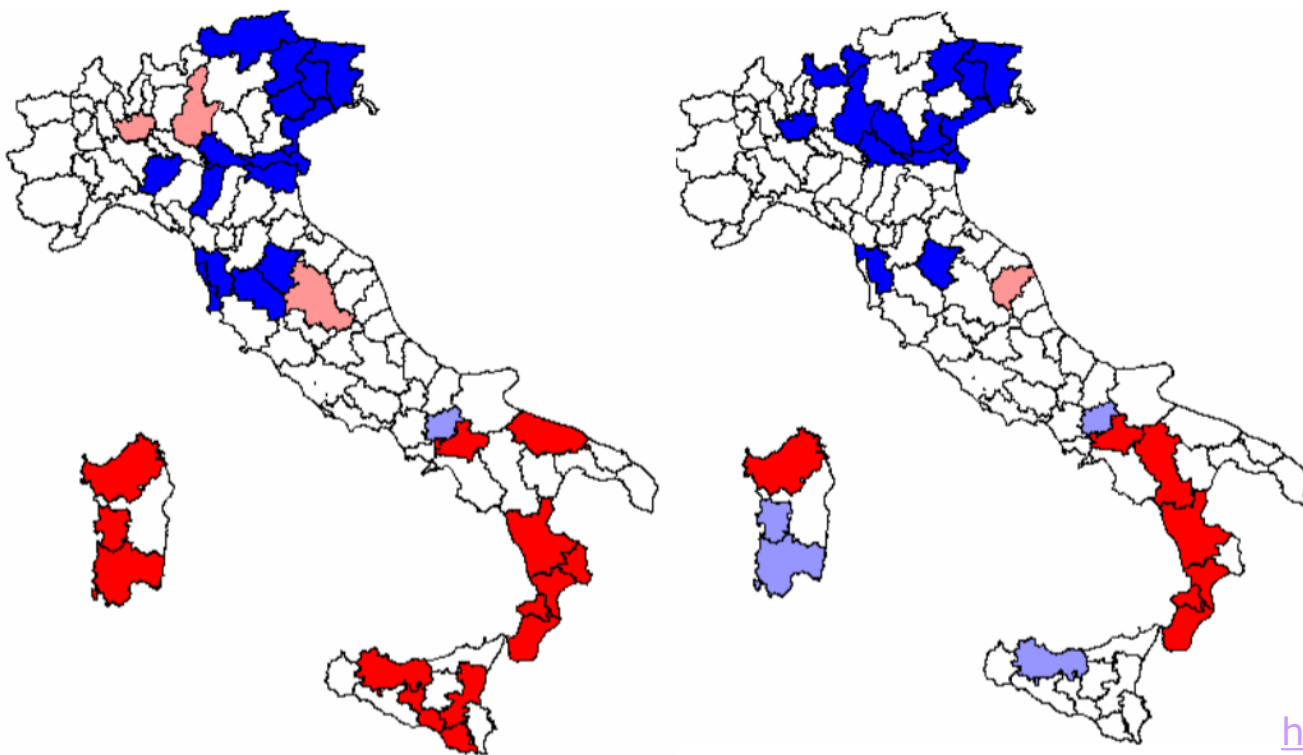


# Lokální statistiky prostorové autokorelace

Figure 5: LISA cluster maps for Murders

1999

2003



[https://www.researchgate.net/publication/226212823\\_Geographical\\_distribution\\_of\\_crime\\_in\\_Italian\\_provinces\\_A\\_spatial\\_econometric\\_analysis/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/226212823_Geographical_distribution_of_crime_in_Italian_provinces_A_spatial_econometric_analysis/figures?lo=1)

Geoprocessing

Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local M...)

Parameters Environments

Input Feature Class  
brno\_obyv\_20-9-2021

Input Field  
obyv\_cas1\_

Output Feature Class  
brno\_obyv\_2092021\_ClustersOutliers

Conceptualization of Spatial Relationships  
Contiguity edges only

Standardization  
Row

Apply False Discovery Rate (FDR) Correction

Number of Permutations 199

# Lokální Moranův index

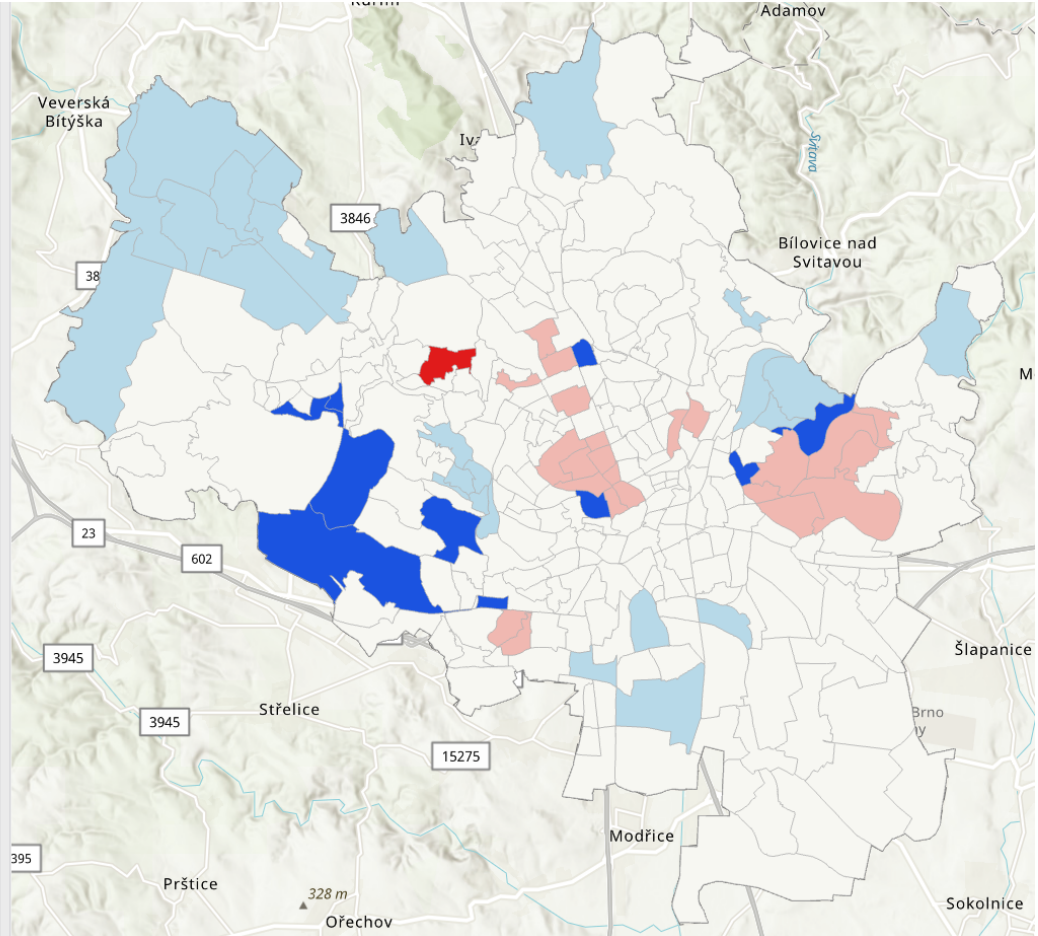
## ArcGIS Pro: Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran's I)



Search

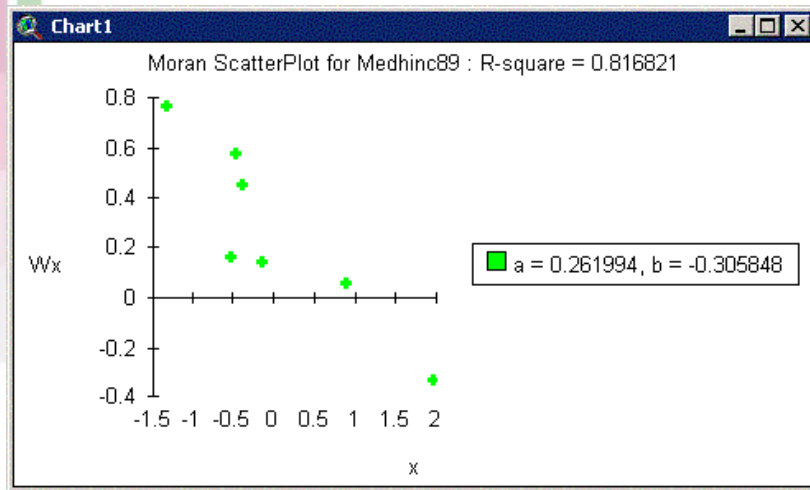
Drawing Order

- Map
  - brno\_obyv\_2092021\_ClustersOutliers
    - High-High cluster
    - High-Low outlier
    - Low-High outlier
    - Low-Low cluster
    - Not significant
- Charts
  - Histogram of obyv\_cas1\_
  - Moran's Scatterplot
- brno\_obyv\_20-9-2021
- World Topographic Map
- World Hillshade

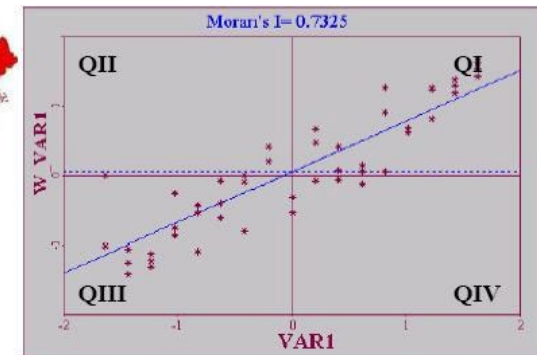
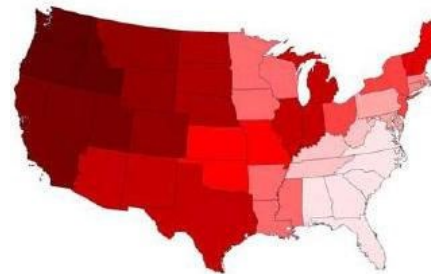


# Moranovo korelační pole

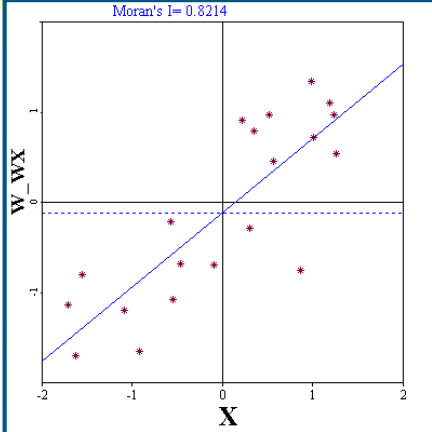
- Lze identifikovat oblasti s neobvyklými hodnotami měř. prostorové autokorelace, které lze označit jako oblasti s odlehlými hodnotami (outliers).



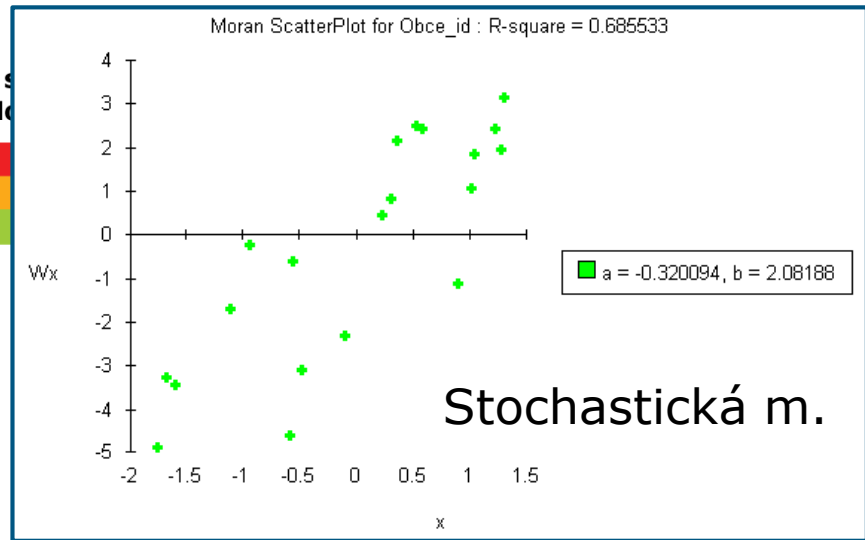
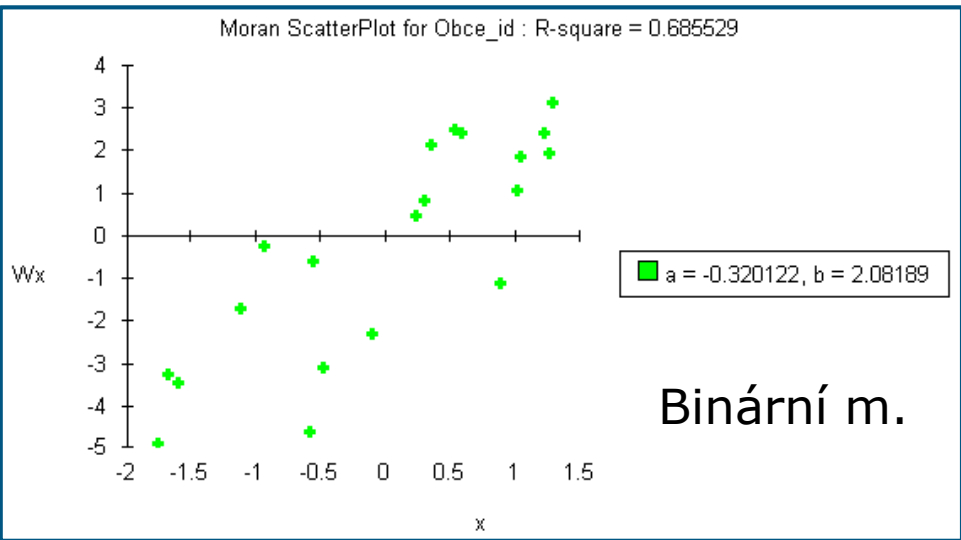
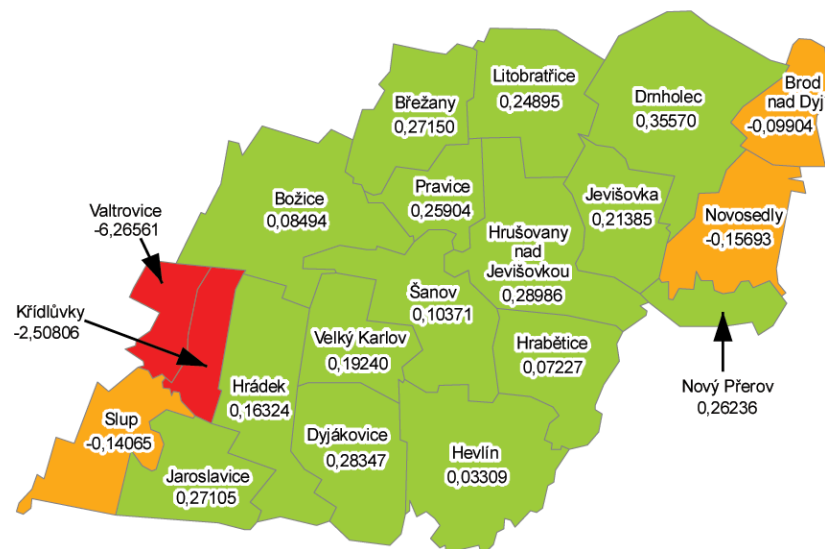
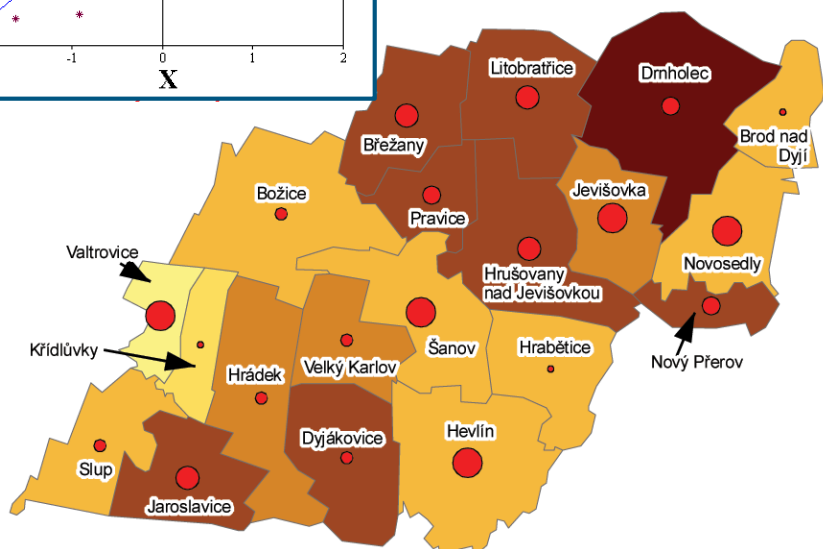
Hodnota Moranova indexu indikuje slabou negativní prostorovou autokorelaci (celky s vysokou hodnotou studovaného atributu jsou blízko celků s nízkými hodnotami).



Příklad prostorového uspořádání atributů, který vykazuje silnou pozitivní autokorelaci a příslušný Moranův diagram



# Moranovo korelační pole



# Zdroje:

- Miklín, J., Dušek, R., Krtička, L., Kaláb, O. (2018). Tvorba map. Ostrava: Ostravská univerzita. ISBN: 978-80-7599-017-4, 302 s. <https://tvorbamap.osu.cz/ke-stazeni/>
- Kaňok, J. (1999). Tematická kartografie. Ostrava: Ostravská univerzita Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity. ISBN: 80-7042-781-7, 318 s.
- <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/statistical-mapping-enumeration-normalization-classification>
- <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/common-thematic-map-types>
- <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/problems-scale-and-zoning>
- Materiály předmětu Z6101 Základy geostatistiky
- A odkazy přímo na slajdech



# Další materiály:

- Volební výsledky v Praze:

[https://www.youtube.com/watch?v=GWRh\\_dq3U\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=GWRh_dq3U_U)