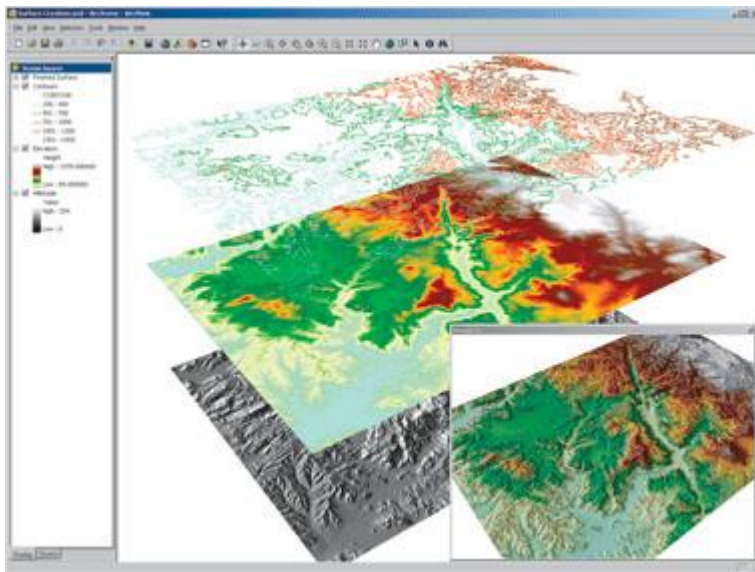


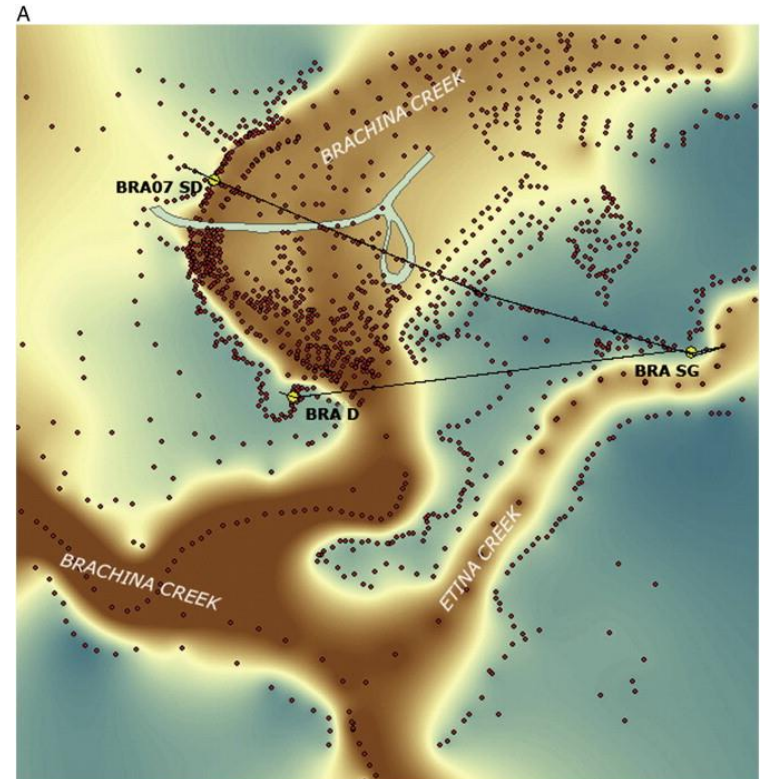


developers.google.com

5. Vizualizace geoprostorových dat



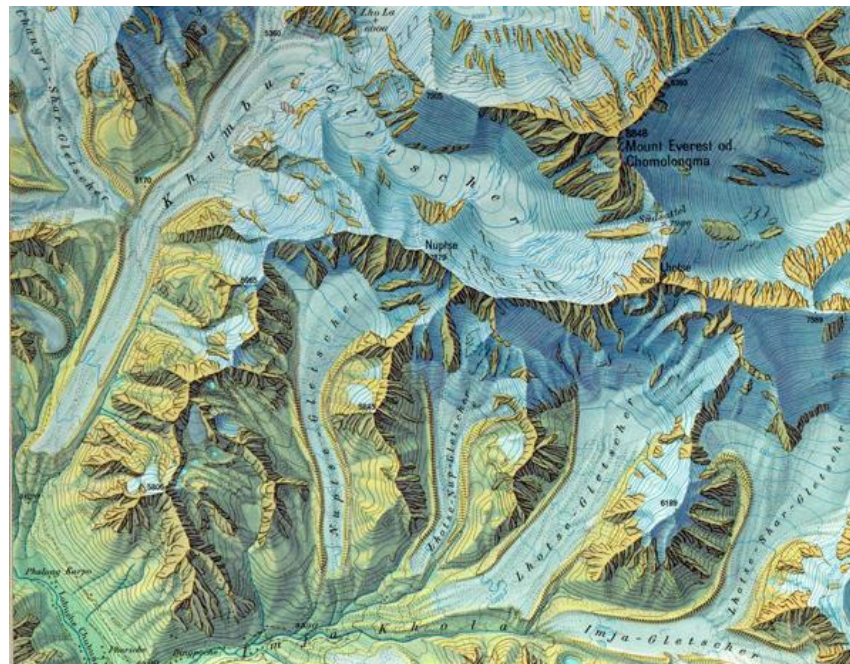
www.esri.fi



www.sciencedirect.com

Geoprostorová data

- Popisují objekty nebo jevy vyskytující se v reálném světě
- Často označováno jako **geovizualizace**



Vizualizace prostorových dat

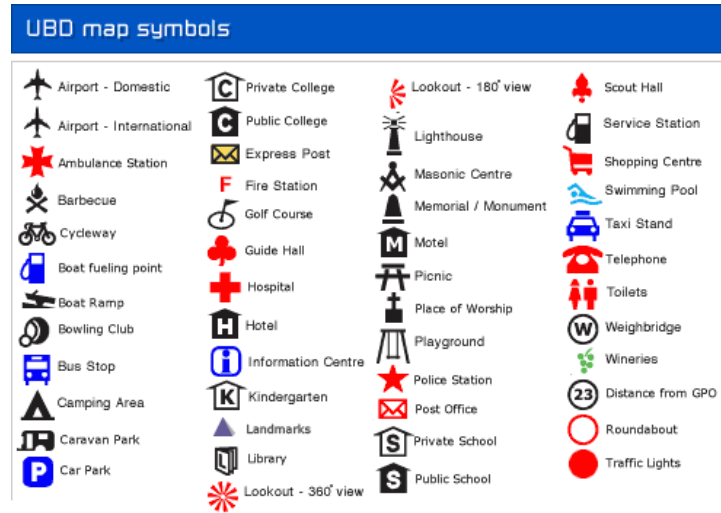
- Vznikají akumulací diskrétních vzorků spojitého jevu v reálném světě
- Aktuálně mnoho aplikací s nutností analýzy a zobrazení geografických vztahů mezi daty
 - Vývoj klimatu, sledování míry nezaměstnanosti, úrovně vzdělání, analýza chování zákazníka, platby kreditní kartou, statistika kriminality, ...

Body, čáry, plochy

- Mapy se skládají z těchto tří základních prvků
- Prostorové jevy rozlišujeme podle jejich dimenze na:
 - Bodové jevy – 0-dimenzionální
 - Čárové jevy – 1-dimenzionální
 - Plošné (area) jevy – 2-dimenzionální
 - Povrchové (surface) jevy – 2,5-dimenzionální

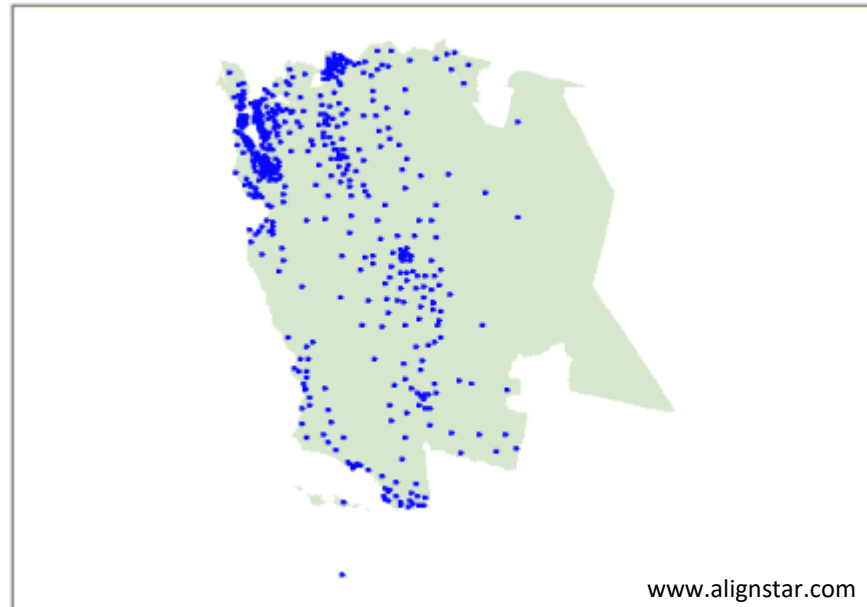
Typy map

- Mapy symbolů



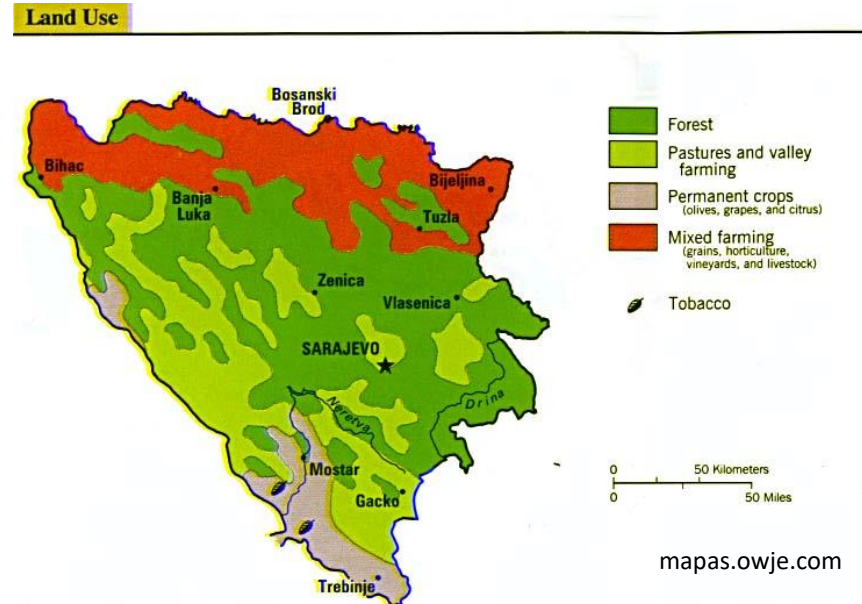
wildernessnavigation.blogspot.com

- Bodové mapy

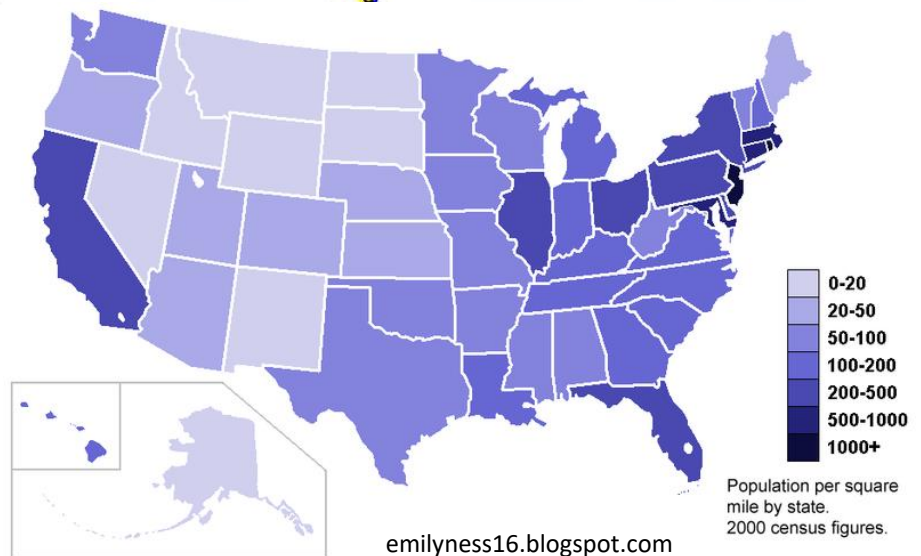


Typy map

- Mapy využití půdy (land use maps)



- Choropletové mapy

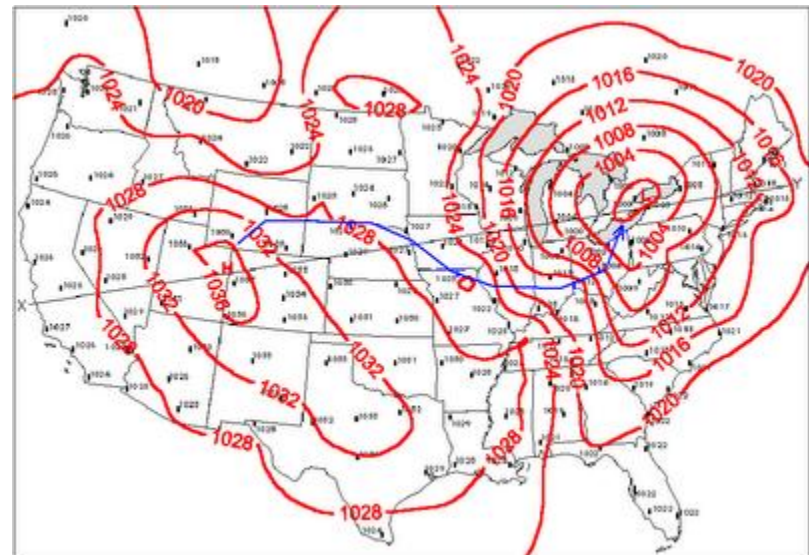


Typy map

- Čárové diagramy

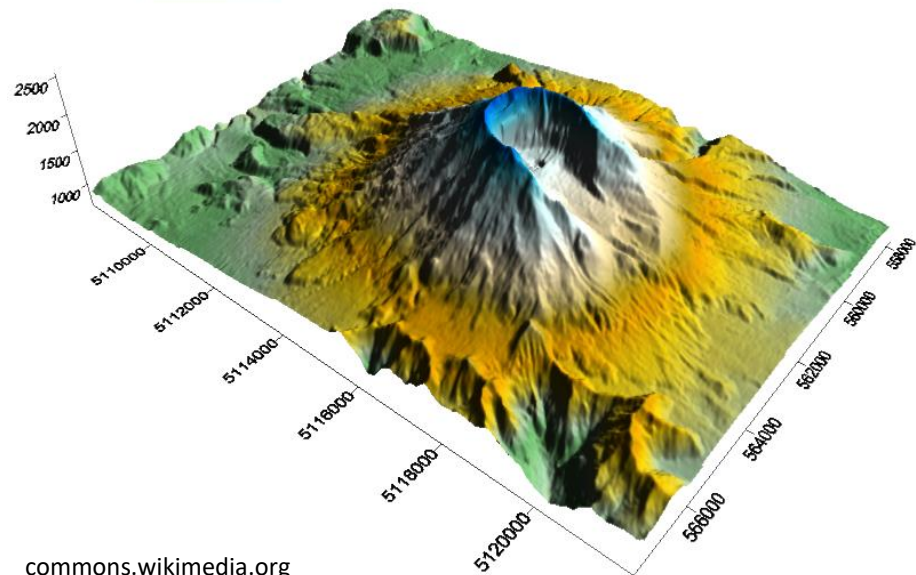
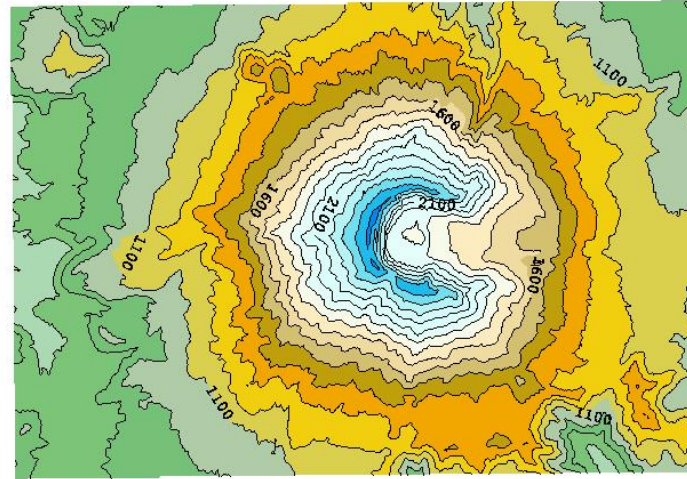


- Izočárové diagramy



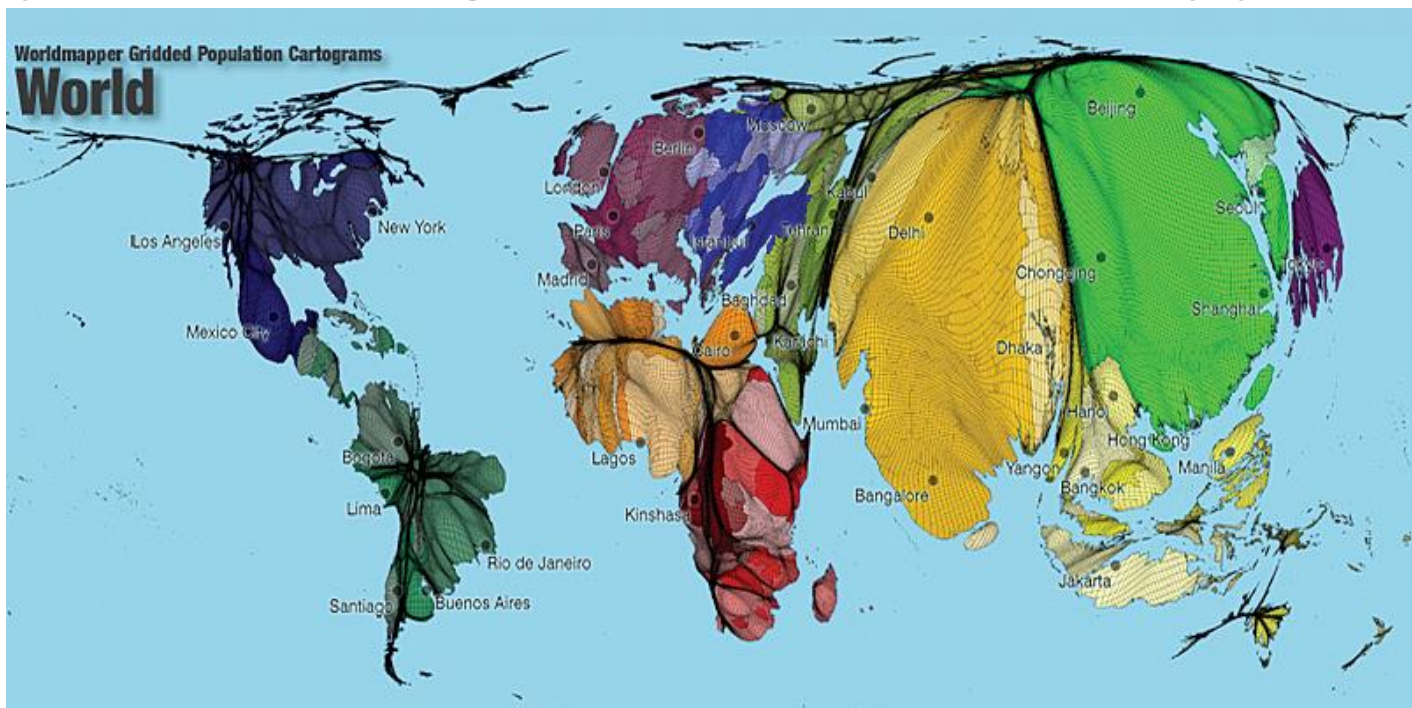
Typy map

- Povrchové mapy



Různé typy zobrazení

- Stejná data zobrazena pomocí různých typů map
- Například kartogram – tematické mapy



Průzkumná geovizualizace

- Klíčová je možnost interakce
 - Spolupráce s uživatelem
 - Interaktivní dotazy (querying)
- Kombinace map se:
 - Statistickou vizualizací – sloupcové, čárové grafy
 - Složitějšími technikami multidimenzionální vizualizace, např. paralelní souřadnice

Mapová projekce

- Mapování pozic zeměkoule na pozice obrazovky (z koule na rovinu)
- Definována jako:

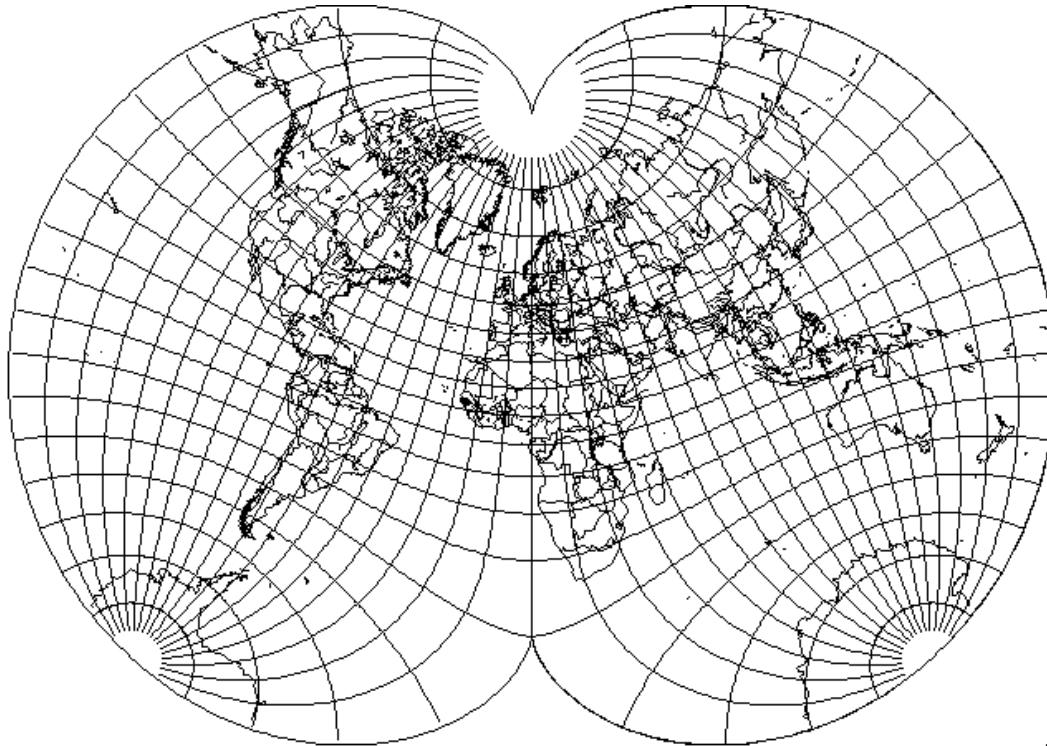
$$\Pi: (\lambda, \phi) \rightarrow (x, y)$$

kde λ je zeměpisná délka v rozsahu $[-180, 180]$

ϕ je zeměpisná šířka v rozsahu $[-90, 90]$

Mapové projekce

- Konformní (stejnoúhlé) projekce
 - Zachová lokální úhly → tvary, plocha zachována není



Mapové projekce

- Ekvivalentní projekce (equivalent, equal area)
 - Pouze část mapy, deformuje tvar a úhly

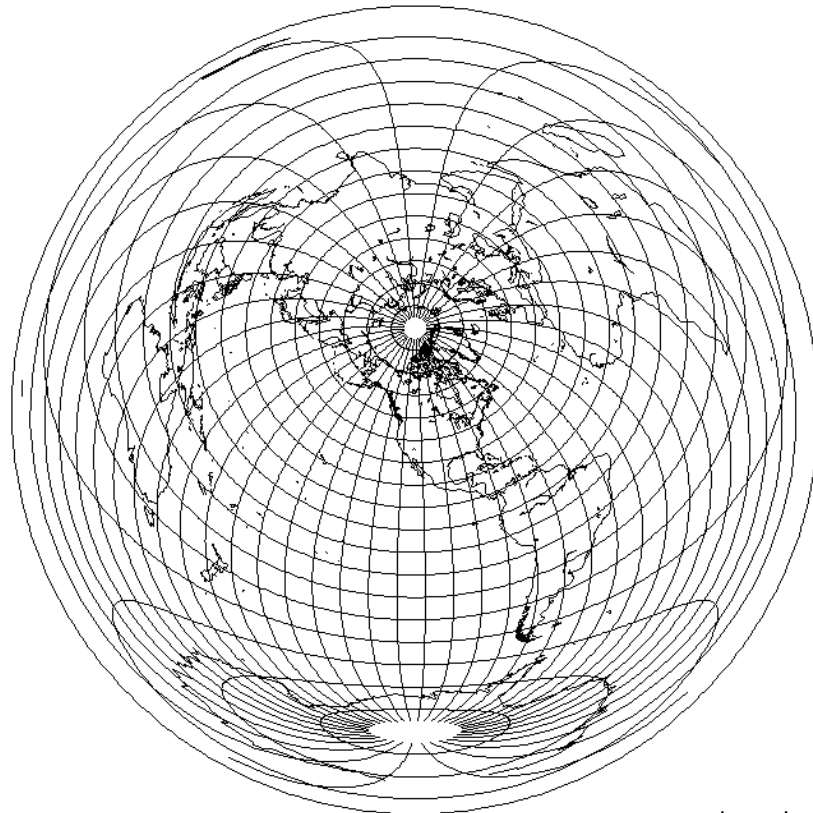


The Lambert planar equal-area projection is mathematically derived to display the property of equivalence.

<http://gis.nic.in/gisprimer/projections1.html>

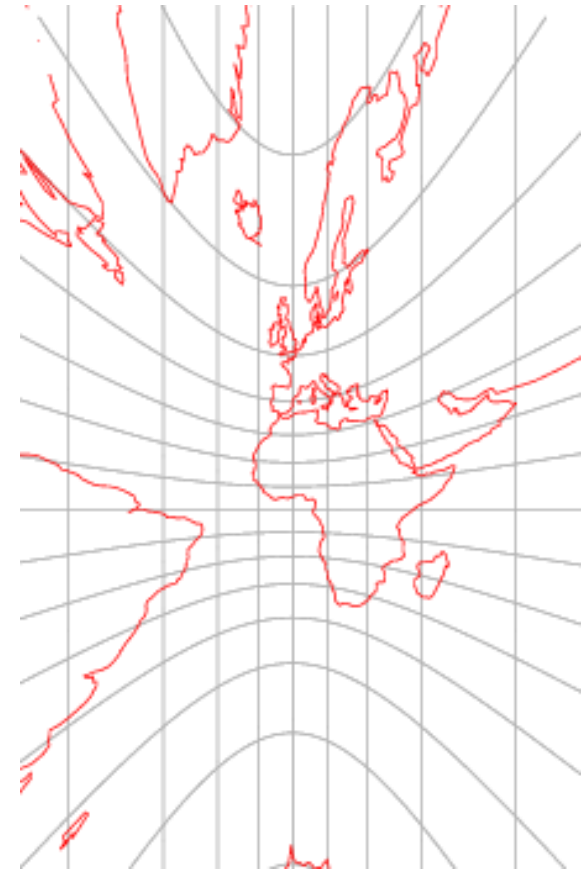
Mapové projekce

- Ekvidistantní projekce
 - Zachovává vzdálenost od bodu nebo čáry



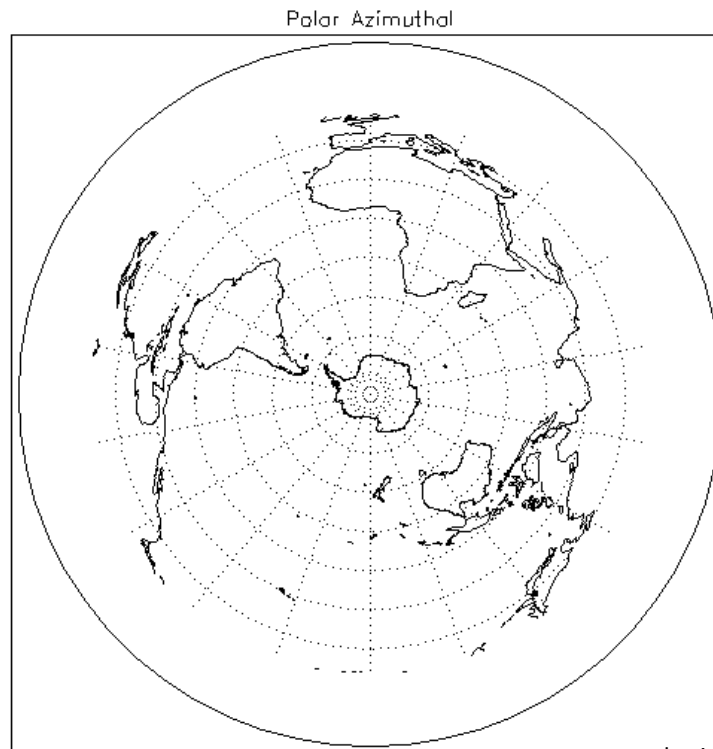
Mapové projekce

- Gnomická projekce (gnomonic)
 - Zobrazení poledníků a rovnoběžek pomocí čar
 - Zachovávají nejkratší cestu mezi dvěma body
 - Nelze zobrazit celou polokouli (okraje ubíhají do nekonečna)



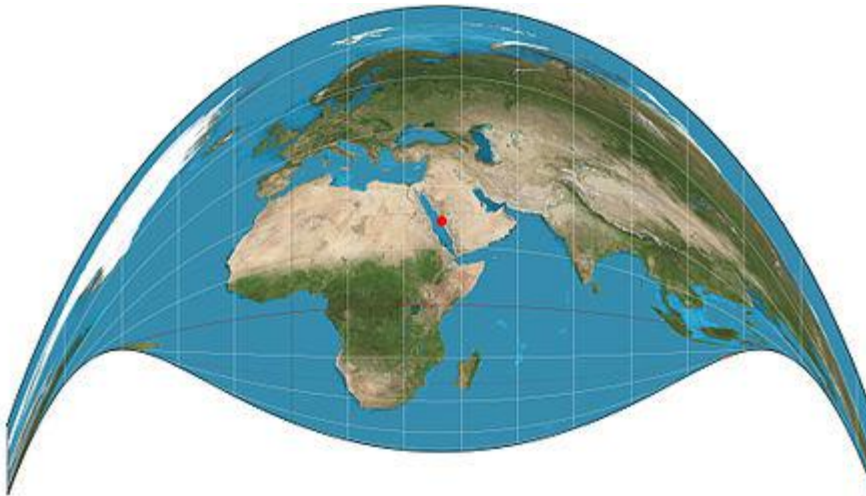
Mapové projekce

- Azimutální projekce
 - Zachovává směr od středového bodu, radiálně symetrická

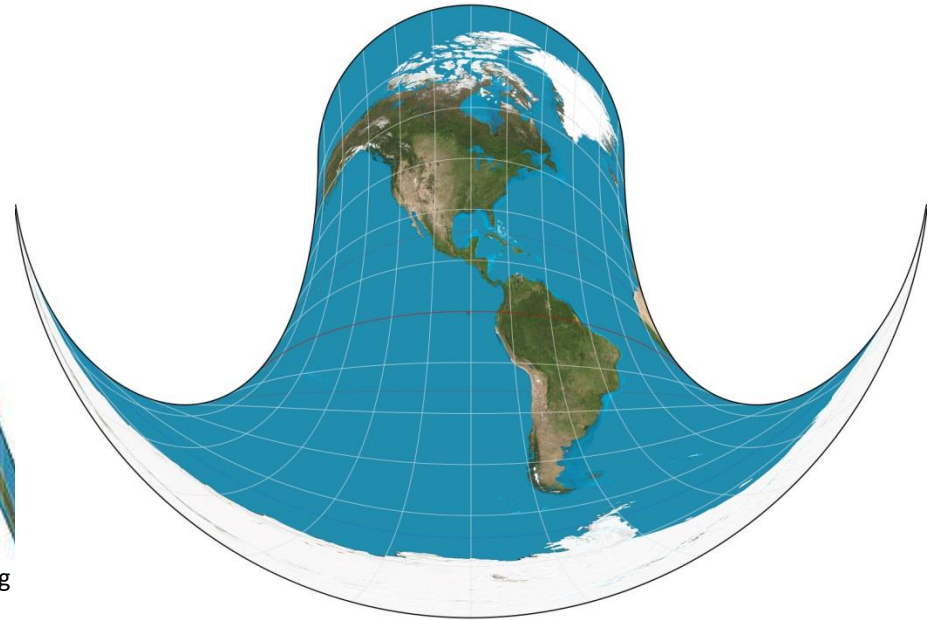


Mapové projekce

- Retroazimutální projekce
 - Směr z bodu S do bodu L odpovídá směru z S do L na mapě



en.wikipedia.org



commons.wikimedia.org

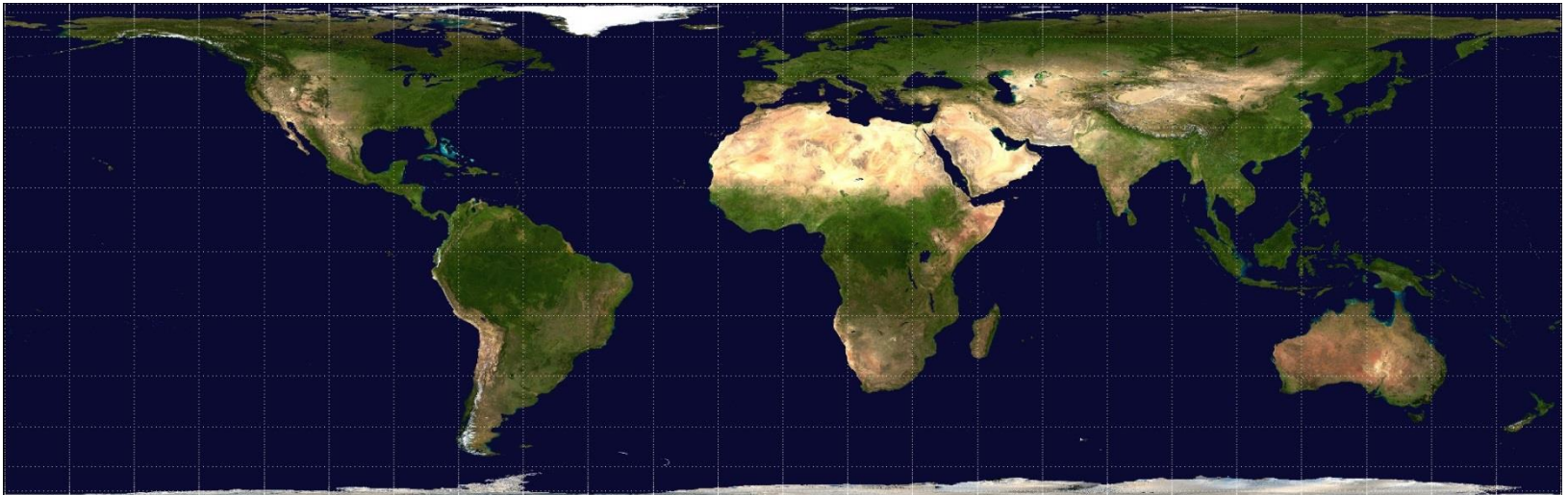
Mapové projekce – klasifikace podle typu povrchu

- Kouli můžeme promítnout na různé povrchy:
 - Válcová projekce
 - Rovinná projekce
 - Kuželová projekce



Válcová projekce

- Promítnutí povrchu koule na válec umístěný kolem této koule
- Zobrazuje celý sférický povrch
- Konformní zobrazení – zachovává lokální úhly



Pseudo-válcová projekce

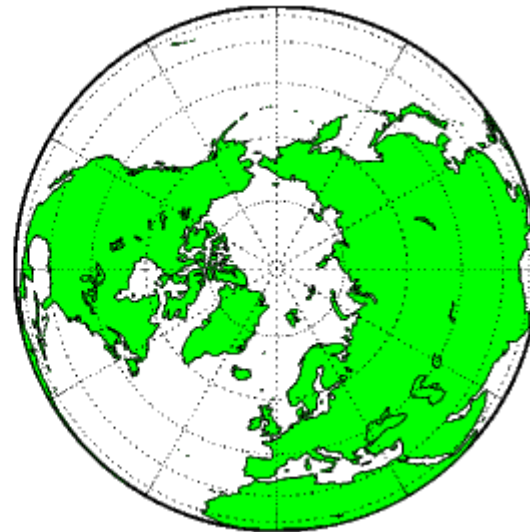
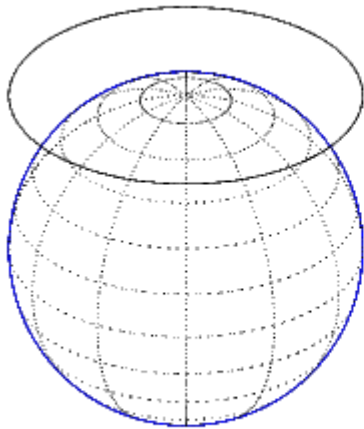
- Hlavní poledník a rovnoběžky rovné čáry, ostatní poledníky deformovány

Mollweide projection
(Other Names: Babinet, Elliptical, Homalographic, Homolographic)
Pseudocylindrical; Equal-area;
Carl B. Mollweide; 1805



Rovinná projekce

- Azimutální projekce mapující povrch koule na rovinu tečnou k dané kouli
- Tečný bod odpovídá středu projekce



Kuželová projekce

- Mapování povrchu koule na její tečný kužel
- Zeměpisná šířka = kružnice se středem ve středu projekce
- Zeměpisná délka = rovné čáry vycházející ze středu projekce



Příklady běžně používaných mapových projekcí

- Proměnné používané v mapových projekcích:

φ	measured degrees of latitude in radians
λ	measured degrees of longitude in radians
x	horizontal axis of the two-dimensional map
y	vertical axis of the two-dimensional map
$\varphi_0; \lambda_0$	latitude of the standard parallel resp. meridian measured in radians

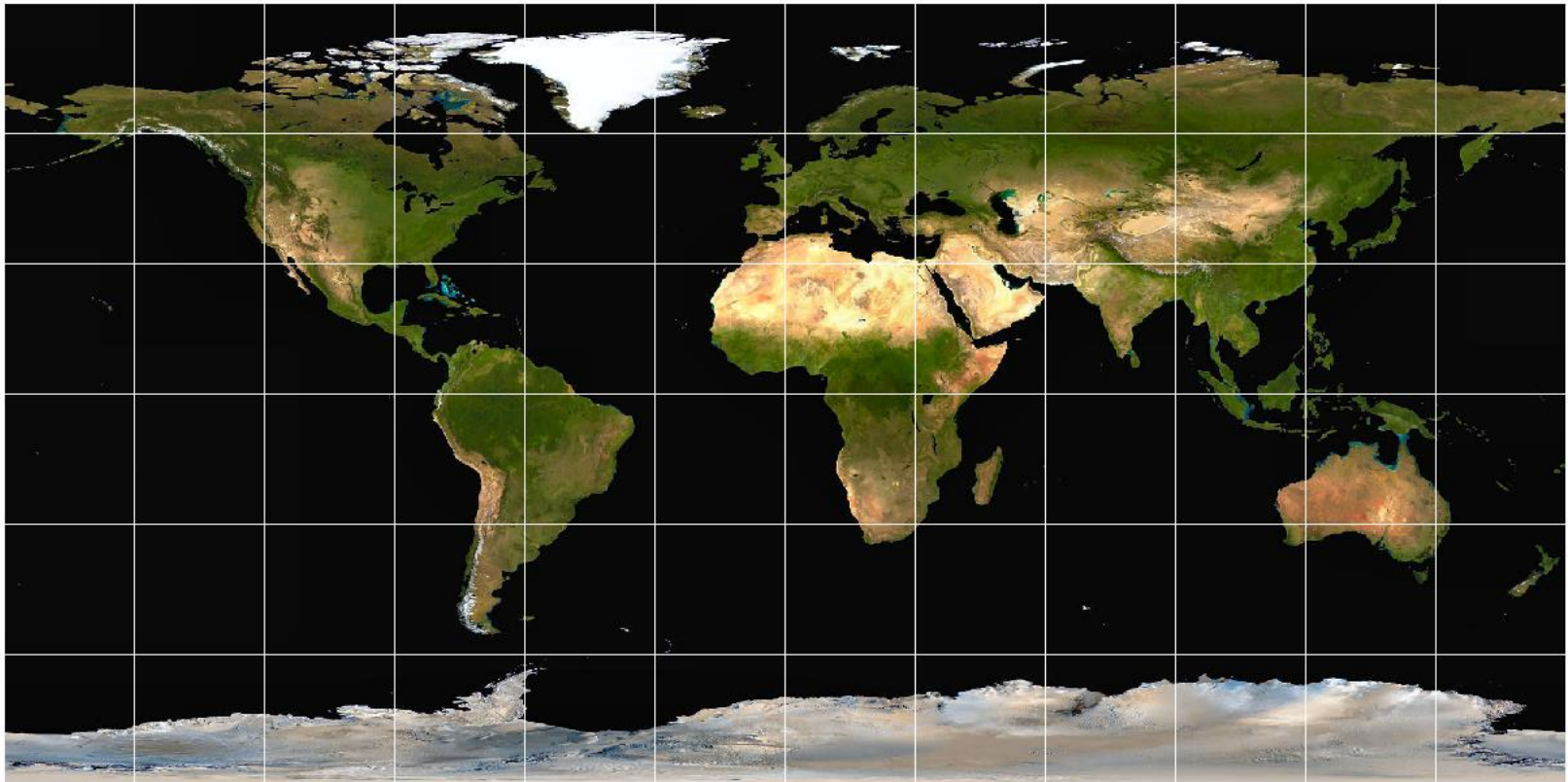
Ekvidistantní válcová projekce

- Jeden z nejstarších a nejjednodušších typů projekce
- Sférické souřadnice transformovány v poměru 1:1 na čtvercový povrch:

$$x = \lambda, y = \varphi$$

- Velké zkreslení, nevhodné pro navigaci, vhodné pro tematické mapy

Ekvidistantní válcová projekce



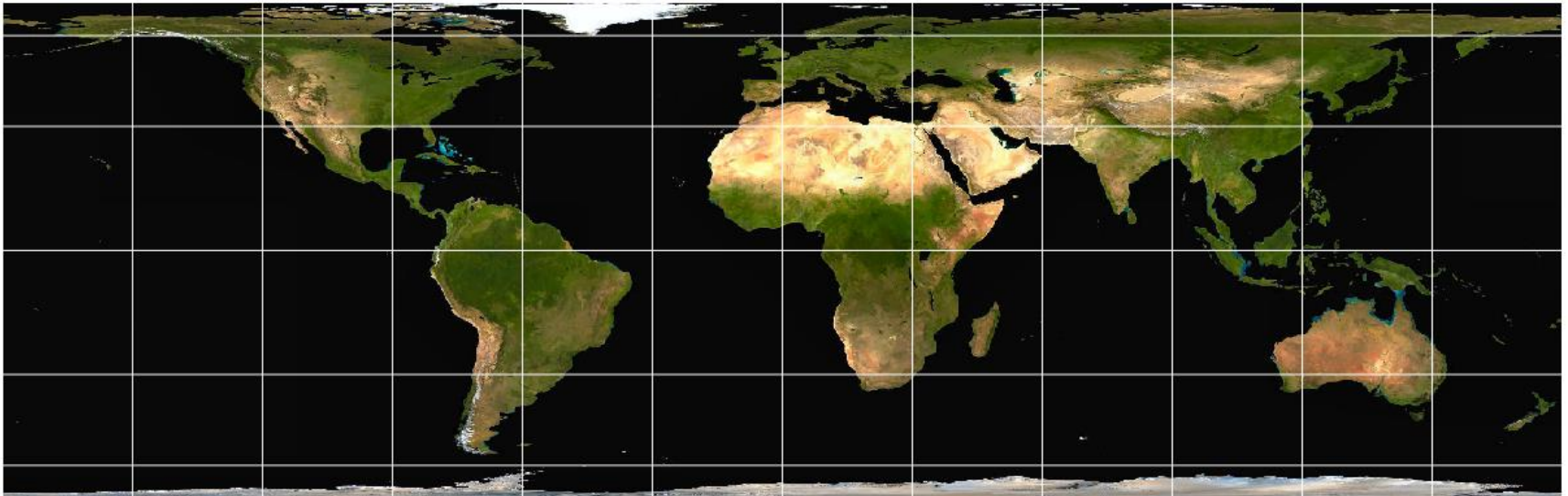
<http://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector>

Lambertova válcová projekce

- Typ ekvivalentní projekce
- Jednoduchá na napočítání, vhodná pro mapy světa
- Mapování je definováno jako:

$$x = (\lambda - \lambda_0) * \cos \varphi_0 \qquad y = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi_0}$$

Lambertova válcová projekce



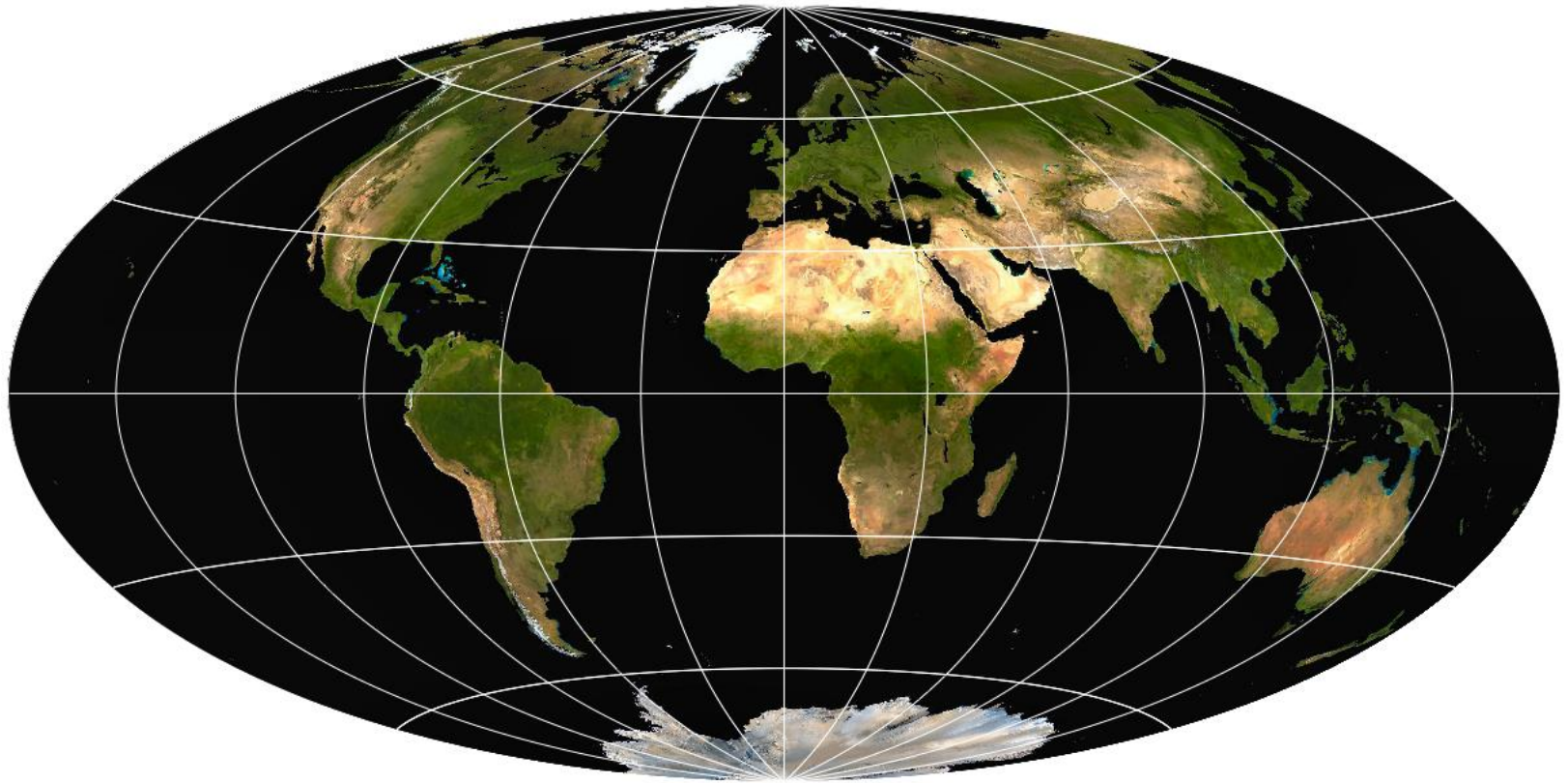
<http://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector>

Hammer-Aitoffova projekce

- Modifikovaná azimutální projekce
- Hlavní poledník a rovník jsou kolmé čáry, poledník má poloviční délku
- Ostatní poledníky a rovnoběžky nerovnoměrně rozmístěné křivky
- Definice mapování:

$$x = \frac{2\sqrt{2} \cos \varphi \sin \frac{\lambda}{2}}{(1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2})^{1/2}} \quad y = \frac{\sqrt{2} \sin \varphi}{(1 + \cos \varphi \cos \frac{\lambda}{2})^{1/2}}$$

Hammer-Aitoffova projekce

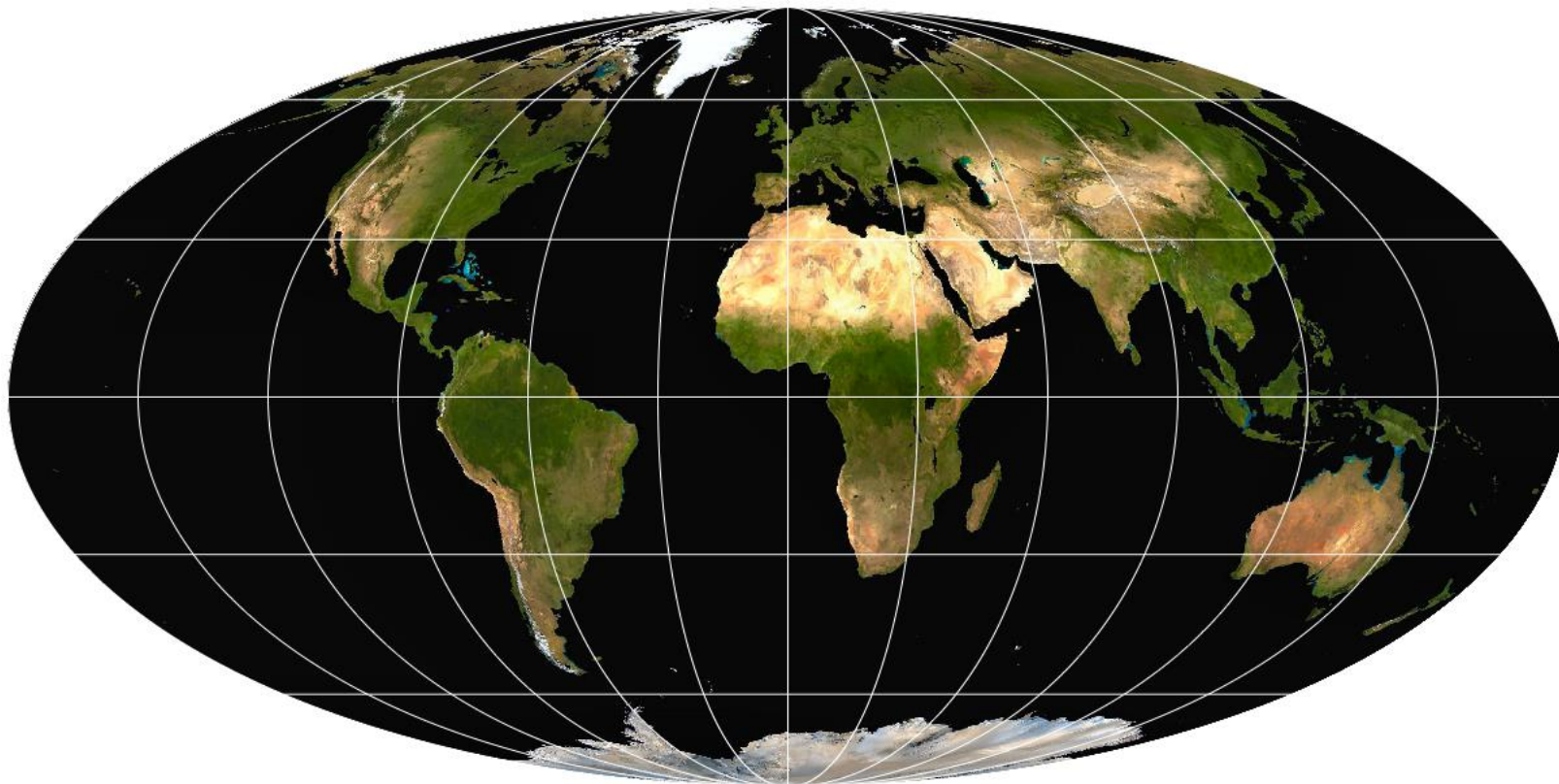


Mollweideova projekce

- Ekvivalentní pseudo-válcová projekce reprezentující zemi jako elipsu
- Rovnoběžky rovné čáry, poledníky rovnoměrně rozložené eliptické oblouky
- Definice mapování:

$$x = \frac{2\sqrt{2}(\lambda - \lambda_0) \cos \theta}{\pi} \quad y = 2^{\frac{1}{2}} \sin \theta \quad 2\theta + \sin(2\theta) = \pi \sin \varphi$$

Mollweideova projekce



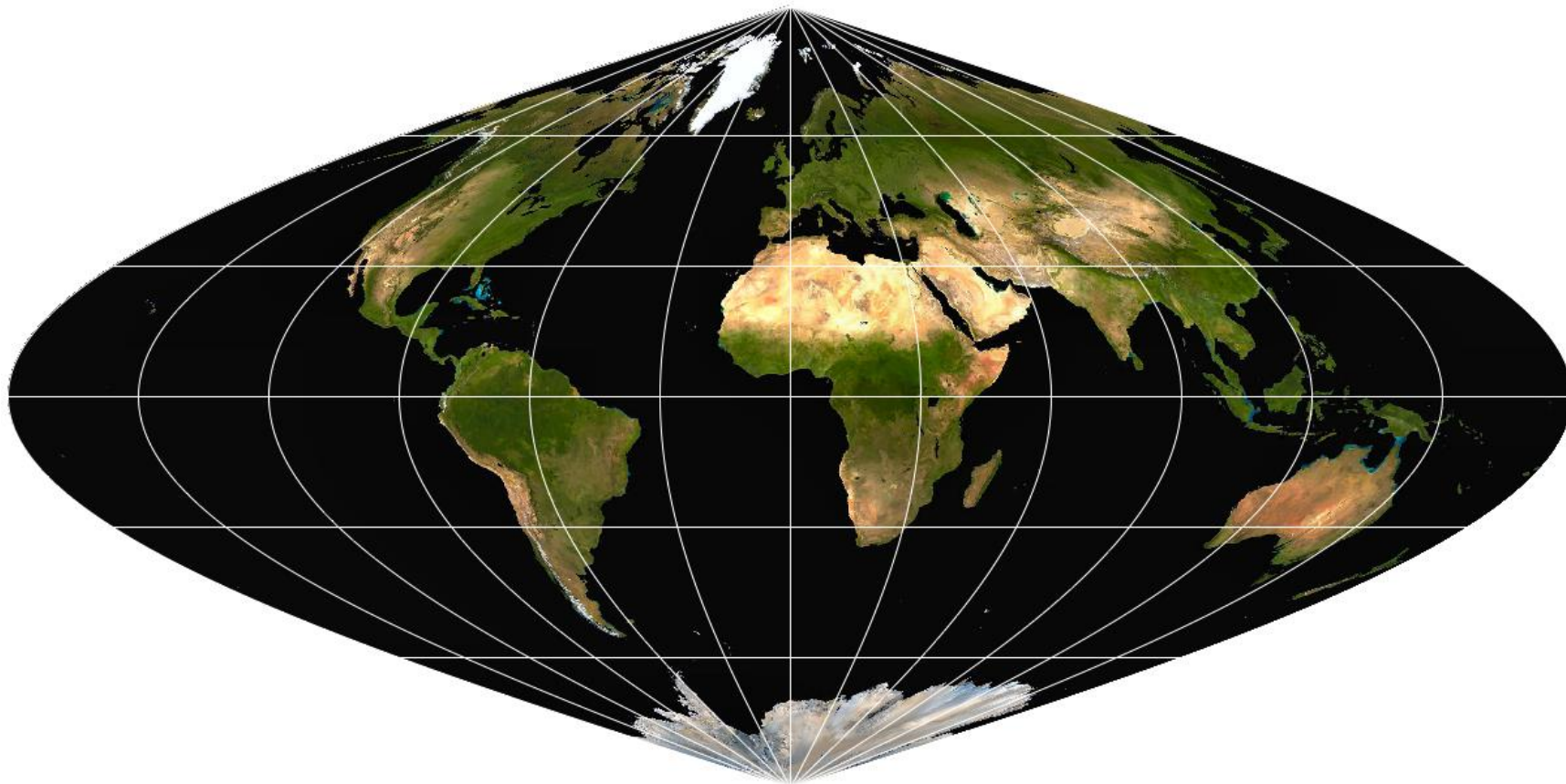
Kosinusoidální projekce

- Jednoduchá pseudo-válcová ekvivalentní projekce
- Lze rychle spočítat
- Unikátní tvar, dobré lokální vlastnosti
- Definice mapování:

$$x = (\lambda - \lambda_0) * \cos \varphi$$

$$y = \varphi$$

Kosinusoidální projekce



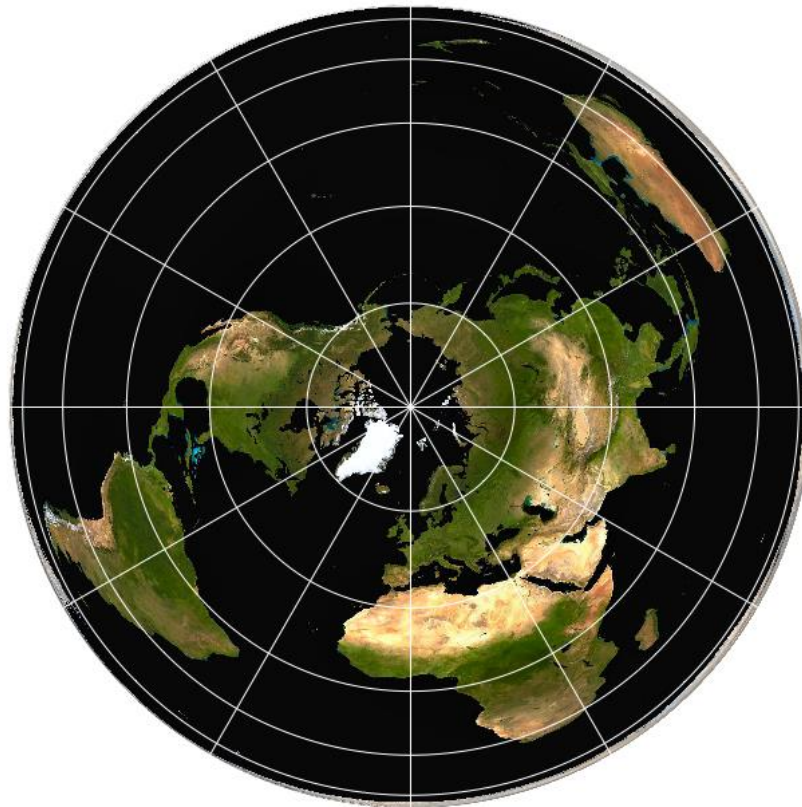
Albersova ekvivalentní kuželová projekce

- Kuželová projekce s přesným zachováním plochy
- Použití dvou standardních rovnoběžek namísto jedné
- Definice mapování:

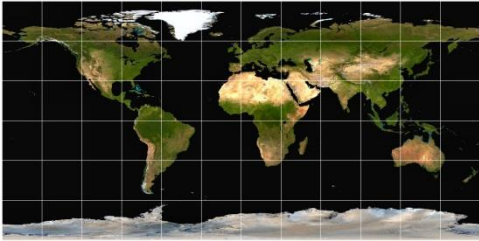
$$n = \frac{\cos \beta_1 + \cos \beta_2}{2} \quad p = \sqrt{\frac{4}{n} * \sin\left(\frac{\pi/2 - \varphi}{2}\right) + \frac{4}{n^2} * \left(\sin \frac{\beta_1}{2}\right)^2 * \left(\sin \frac{\beta_2}{2}\right)^2}$$

$$x = \frac{p}{\sin(n * \lambda)} \quad y = -\frac{p}{\cos(n * \lambda)}$$

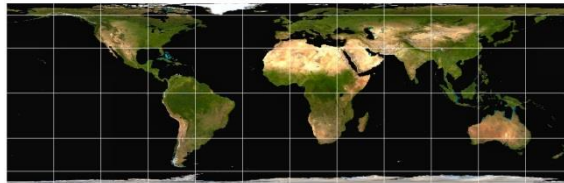
Albersova ekvivalentní kuželová projekce



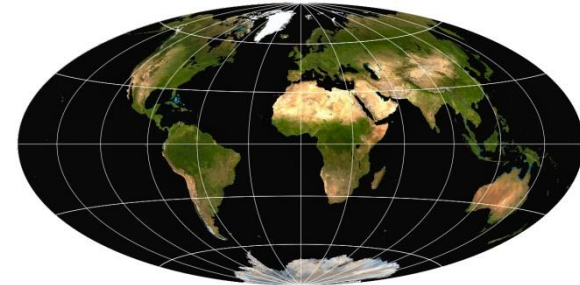
Shrnutí



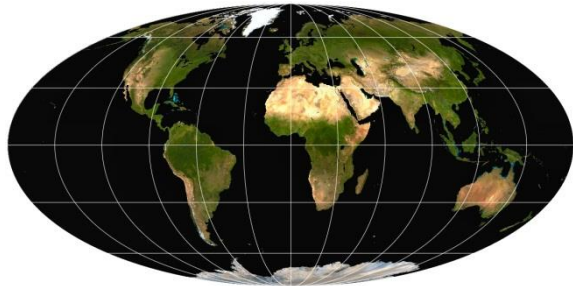
Equirectangular



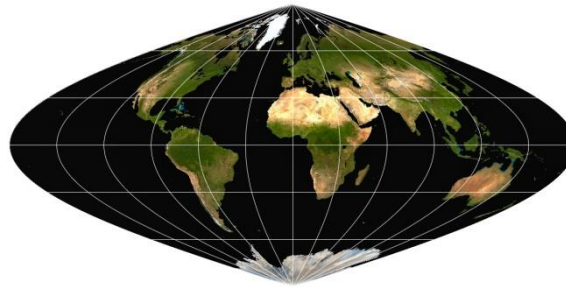
Lambert cylindrical



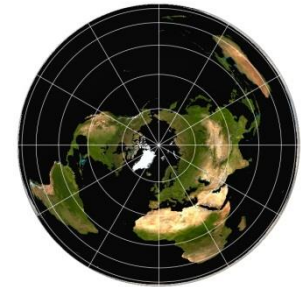
Hammer-Aitoff



Mollweide



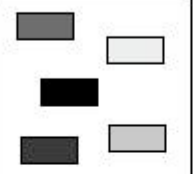
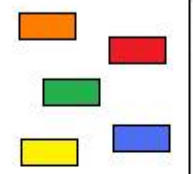
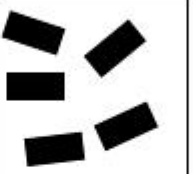
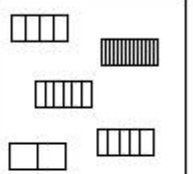
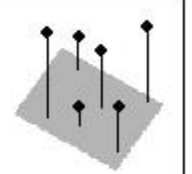
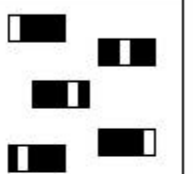









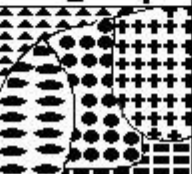





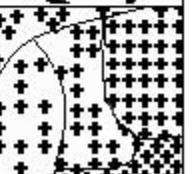


Cosinusodial



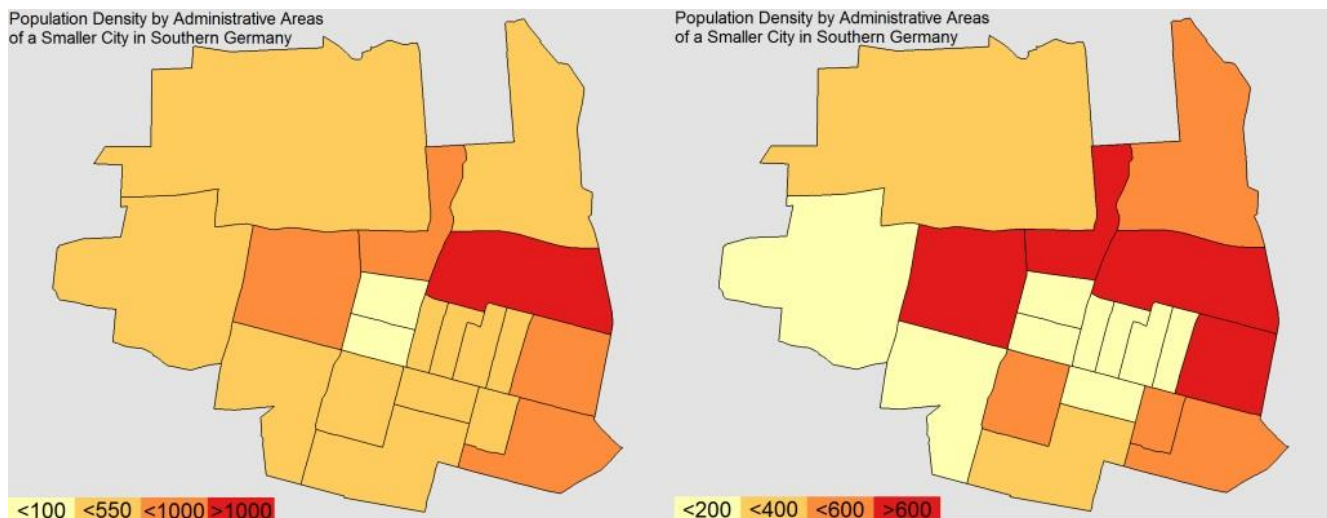
Albers equal-area conic

Vizuální proměnné pro prostorová data

	Size	Shape	Brightness	Color	Orientation	Spacing	Perspective height	Arrangement
Point	 A collection of black rectangles of varying sizes, illustrating the concept of size for point data.	 A collection of black shapes including a cross, a circle, a triangle, and a rectangle, illustrating the concept of shape for point data.	 A collection of gray rectangles of varying shades, illustrating the concept of brightness for point data.	 A collection of colored rectangles in orange, red, green, yellow, and blue, illustrating the concept of color for point data.	 A collection of black rectangles rotated at various angles, illustrating the concept of orientation for point data.	 A collection of white rectangles with varying spacing between them, illustrating the concept of spacing for point data.	 A gray square with several black lines of varying heights extending upwards from its corners, illustrating the concept of perspective height for point data.	 A collection of black rectangles arranged in different patterns, illustrating the concept of arrangement for point data.
Linear	 A collection of black lines of varying thicknesses, illustrating the concept of size for linear data.	 A collection of black lines with different shapes and patterns, illustrating the concept of shape for linear data.	 A collection of gray lines of varying shades, illustrating the concept of brightness for linear data.	 A collection of colored lines in orange, red, green, yellow, and blue, illustrating the concept of color for linear data.	 A collection of black lines rotated at various angles, illustrating the concept of orientation for linear data.	 A collection of white lines with varying spacing between them, illustrating the concept of spacing for linear data.	 A collection of black lines of varying heights, illustrating the concept of perspective height for linear data.	 A collection of black lines arranged in different patterns, illustrating the concept of arrangement for linear data.
Areal	 A collection of black crosses of varying sizes, illustrating the concept of size for areal data.	 A collection of black shapes with different patterns, illustrating the concept of shape for areal data.	 A collection of gray shapes of varying shades, illustrating the concept of brightness for areal data.	 A collection of colored shapes in red, green, yellow, and blue, illustrating the concept of color for areal data.	 A collection of black shapes with different orientations, illustrating the concept of orientation for areal data.	 A collection of white shapes with varying spacing between them, illustrating the concept of spacing for areal data.	 A collection of black shapes of varying heights, illustrating the concept of perspective height for areal data.	 A collection of black shapes arranged in different patterns, illustrating the concept of arrangement for areal data.

Vliv úpravy vstupních dat na výslednou mapu

- Vzorkování, segmentace, normalizace, ... mají velký vliv
- Různá definice oddělení jednotlivých skupin dat – nastavení různých „hranic“ = různé výsledky:



Vliv úpravy vstupních dat na výslednou mapu

- Rozdíl mezi absolutním a relativním mapováním

Absolute Population Density for Administrative Areas:



Area-Relative Population Density:



Vliv úpravy vstupních dat na výslednou mapu

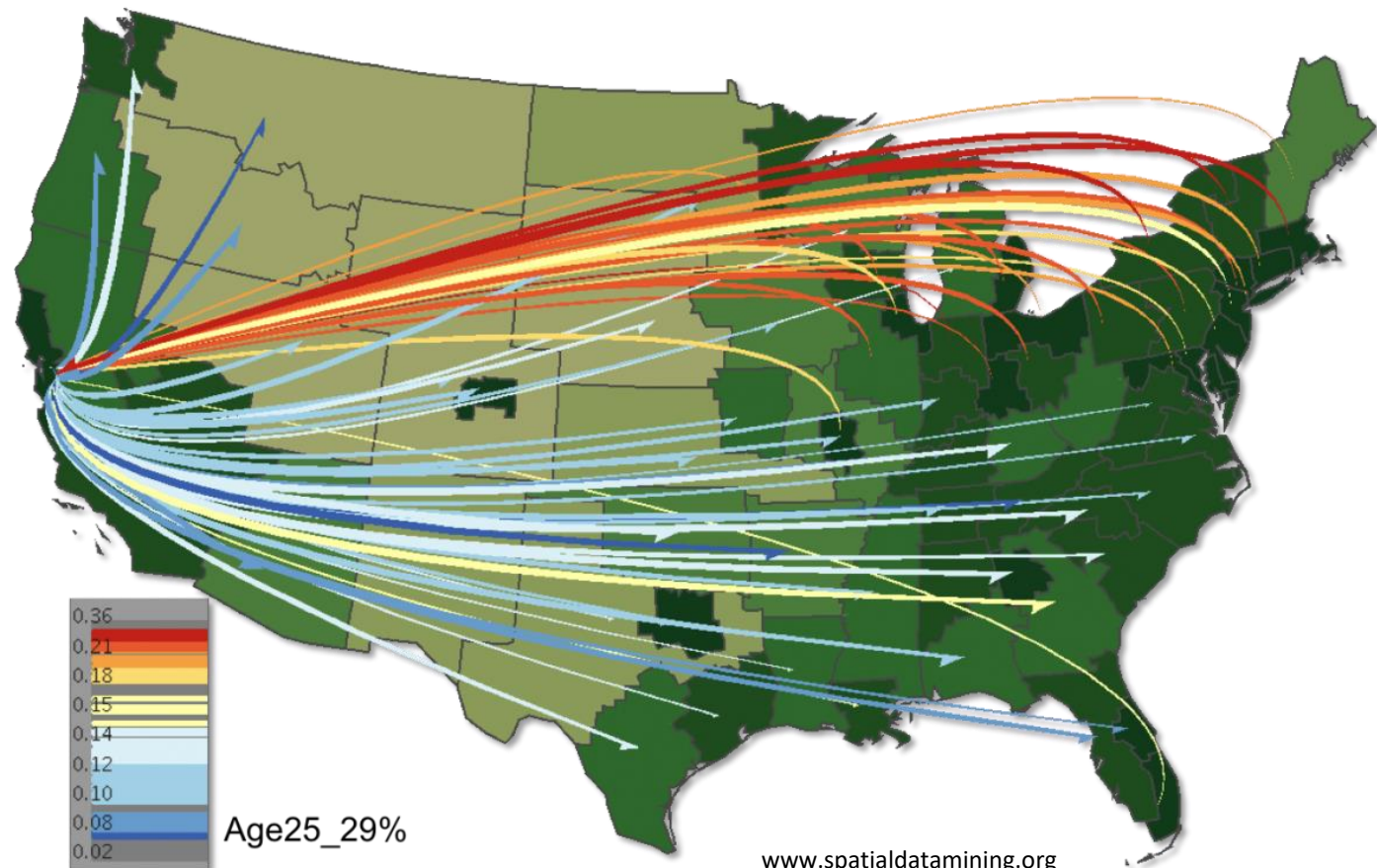
- Různé shlukování oblastí = různé mapy

Area Aggregation:



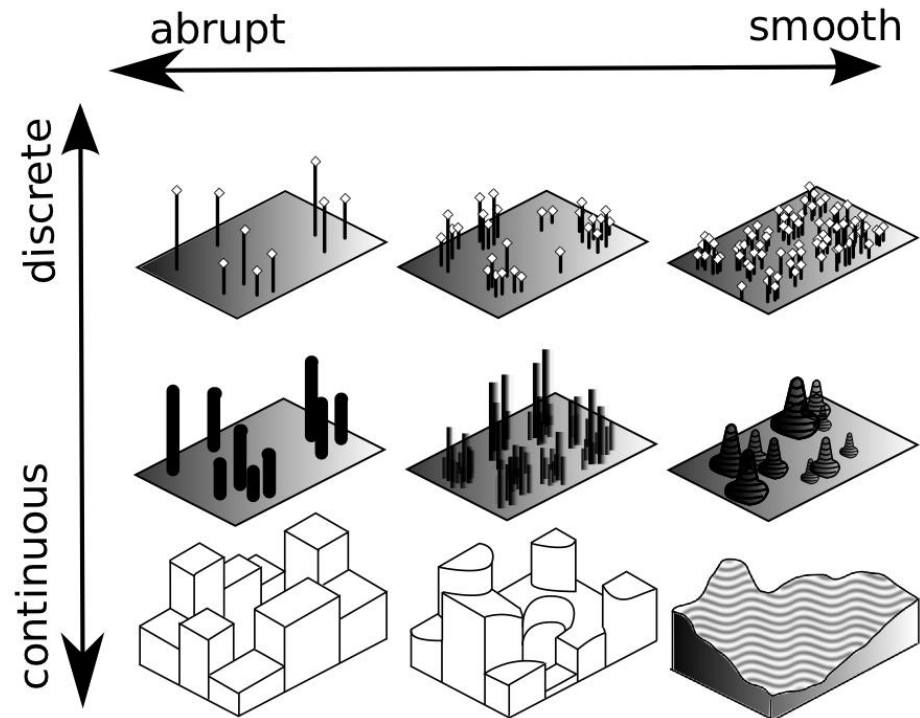
Vizualizace dat

- Zaměříme se na tři základní typy dat:
 - Bodové
 - Čárové
 - Plošné



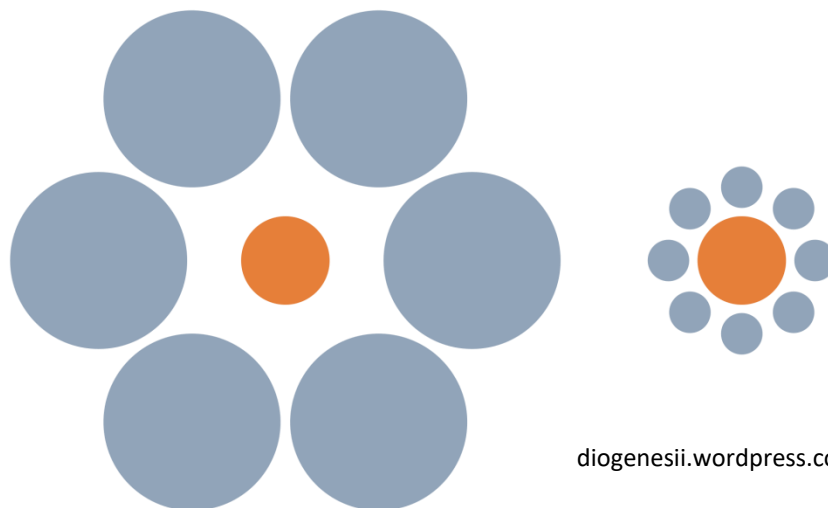
Vizualizace bodových dat

- Diskrétní, mohou ale popisovat spojitý jev (např. měření teploty v daném místě)
- Zobrazení diskrétní vs. spojité, hladké vs. přerušované



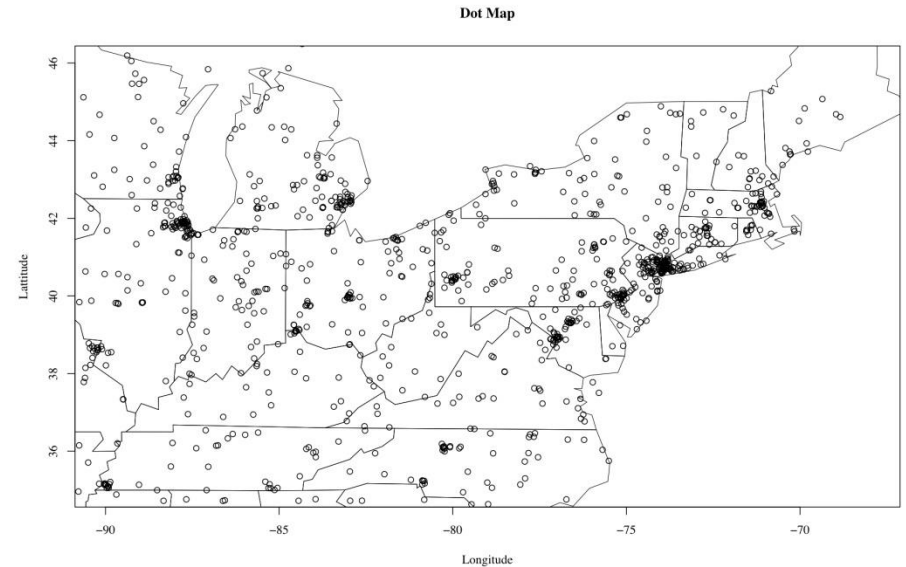
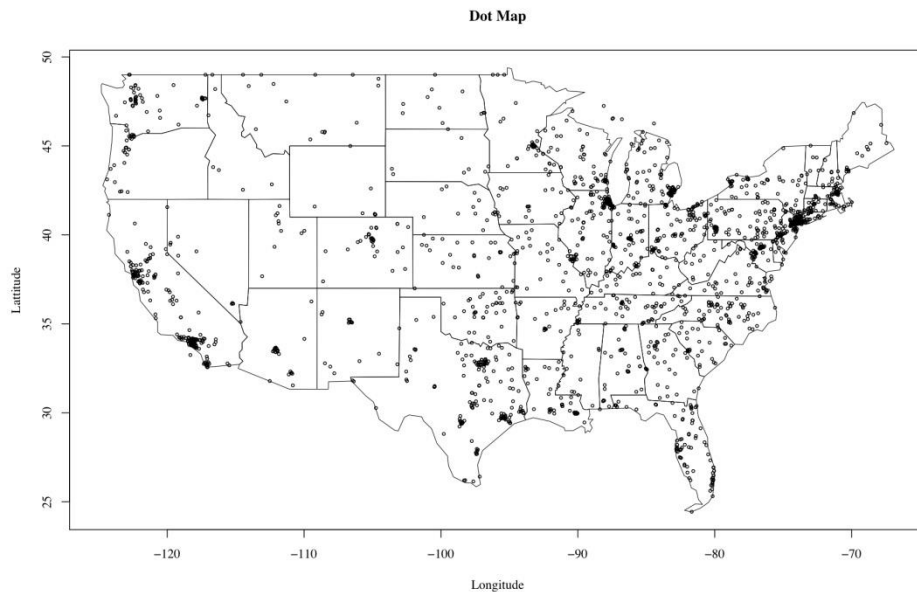
Bodové mapy

- Nejjednodušší vizualizace bodů
- Kvantitativní parametr může být mapován na barvu nebo velikost
- V případě velikosti – korektně spočtená velikost symbolů neznamena, že je korektně vnímána
- Ebbinghausova iluze:



Rozložení bodů

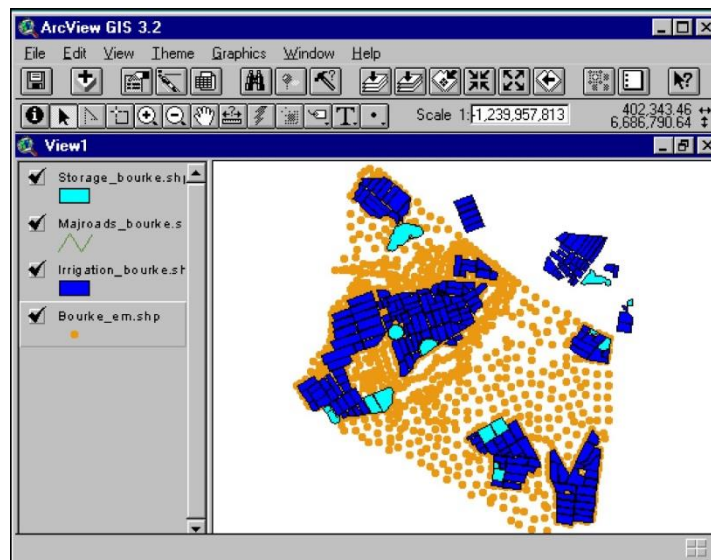
- Možný překryv v oblastech s hustým rozložením dat



Daniel A. Keim, Christian Panse, and Mike Sips. "Visual Data Mining of Large Spatial Data Sets." In *Databases in Networked Information Systems, Lecture Notes in Computer Science, 2822*, Lecture Notes in Computer Science, 2822, pp. 201–215. Berlin: Springer, 2003.

Metody pro zobrazení hustých dat

- 2.5D vizualizace shlukující datové body do regionů – In3D, ArcView
- Datové body zobrazeny jako sloupce – MineSet, Swift 3D

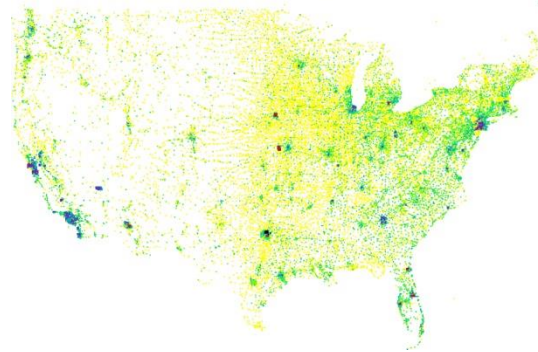


PixelMaps

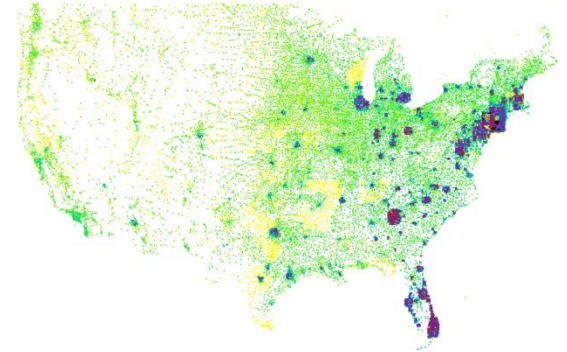
- Přemístění překrývajících se pixelů
- Rekurzivní algoritmus využívající quad-tree
 - Dělíme na 4 podregiony
 - Dělíme, pokud je prostor obsažený v podregionu větší než počet pixelů v tomto podregionu
 - Nakonec provedeme „pixel placement“ algoritmus
 - umístí první datovou položku na její korektní pozici a následné datové položky jsou umístěny na nejbližší neobsazené pozice

PixelMaps

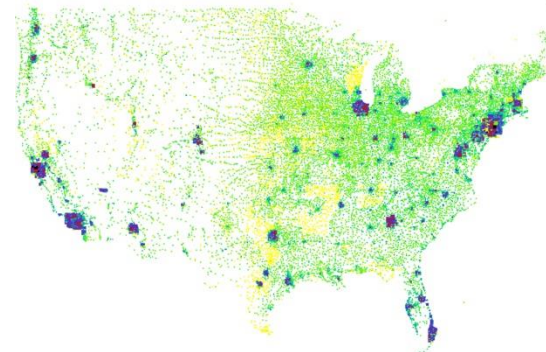
- Problém – u dat s vysokým překryvem závisí jejich přemístění na pořadí jejich uložení v databázi



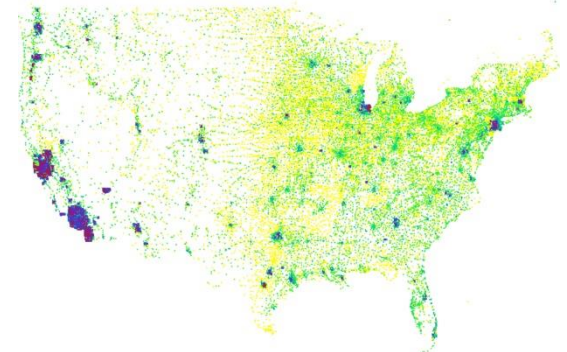
0:00 am (EST)



6:00 am (EST)



10:00 pm (EST)



6:00 pm (EST)

Vizualizace čárových dat

- Repräsentace lineárních jevů pomocí úsečkových segmentů mezi dvěma koncovými body určenými zeměpisnou šířkou a délkou
- Další parametry dat mapovány na šířku, vzor, barvu, labeling čáry

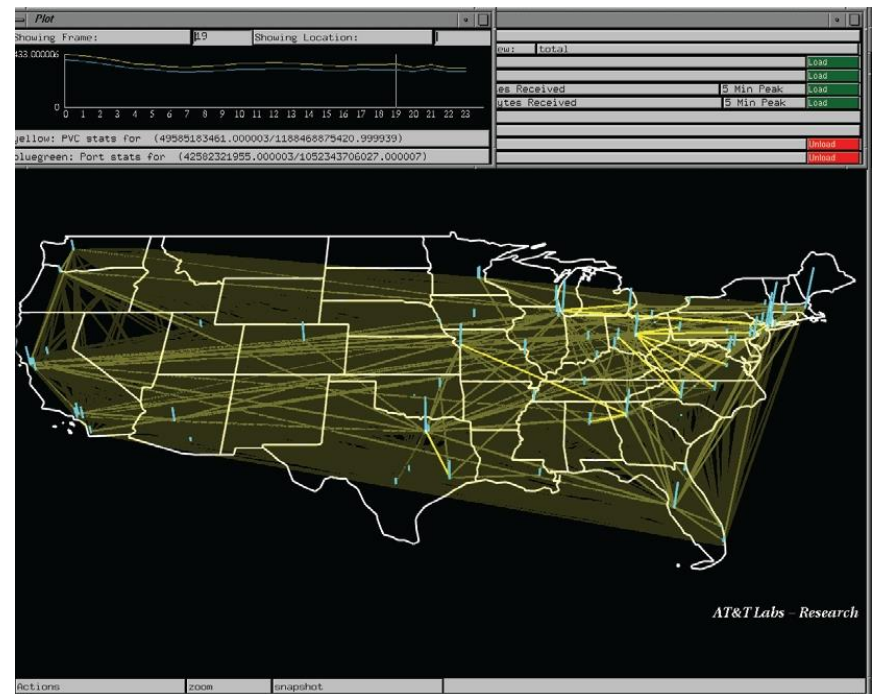


Mapy sítí

- Eick a Wills:
 - Prozkoumání rozsáhlých sítí s hierarchickou strukturou bez přirozeného uspořádání
 - Využití agregace
 - Využití barvy a tvaru pro kódování informace v uzlech
 - Využití šířky a barvy čáry pro kódování informace o spojích mezi uzly

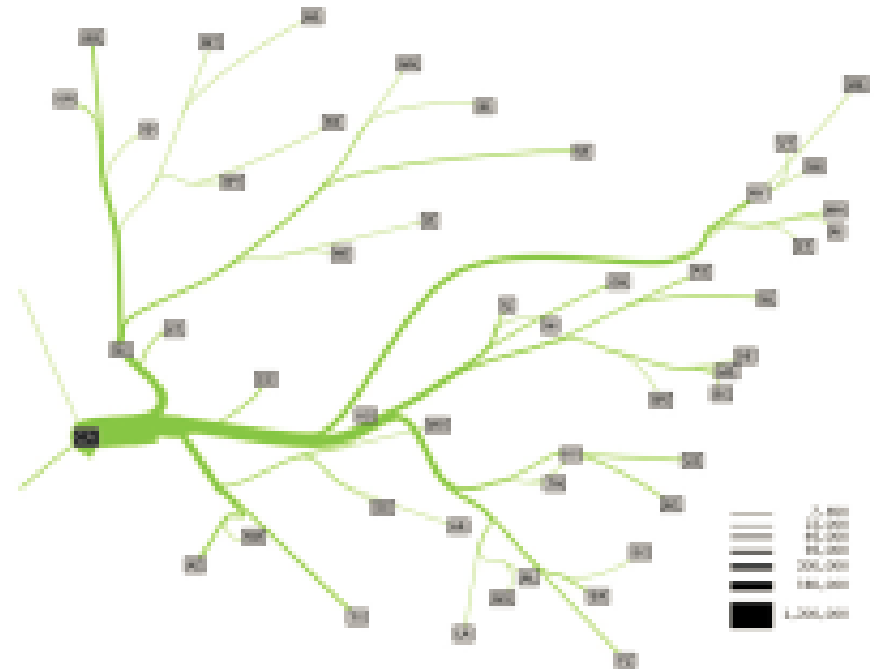
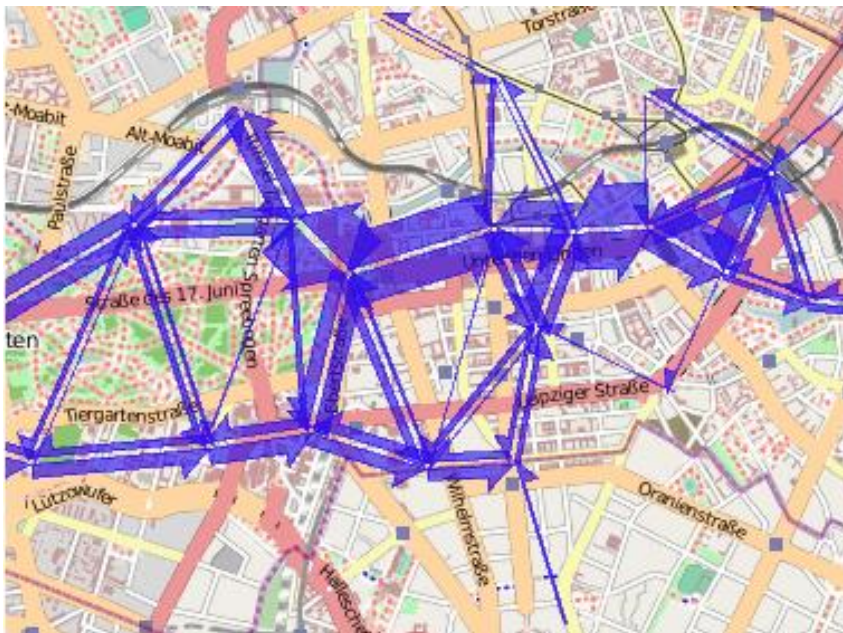
Mapy sítí

- Becker, Eick a Wilks – systém SeeNet
- Problém překrytí čárových segmentů v oblastech s hustým pokrytím dat



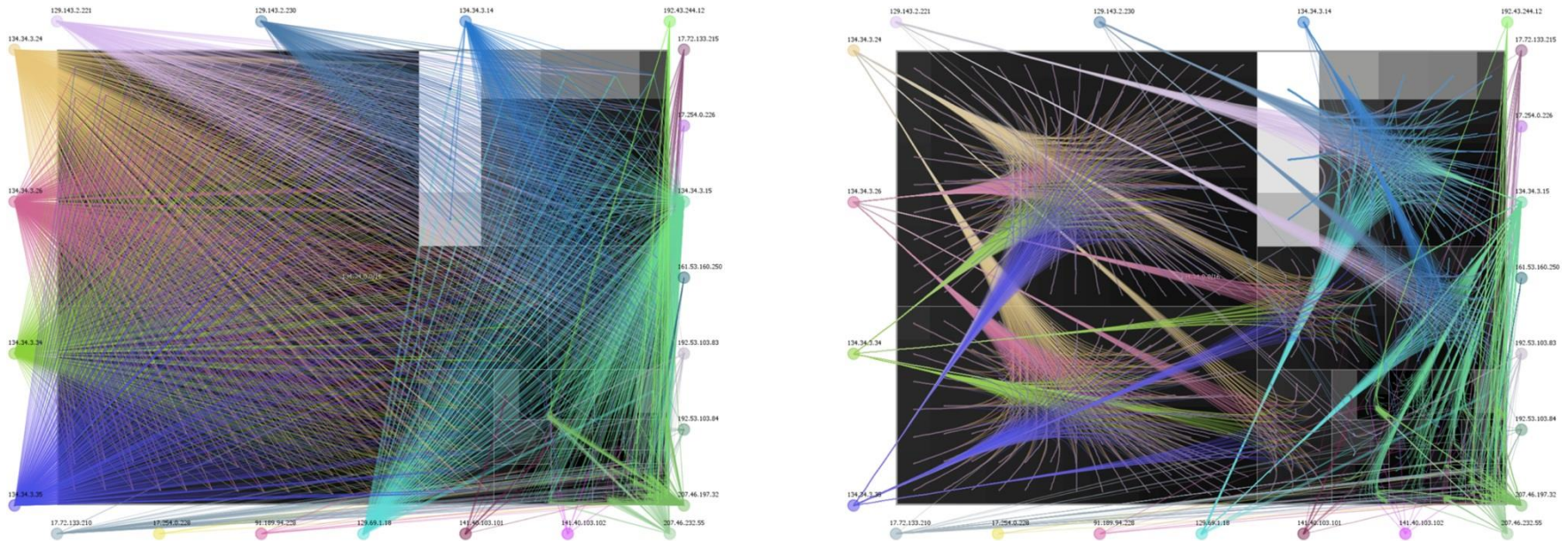
Mapy toku (flow maps)

- Minimalizace protínání hran a deformace pozic uzlů při zachování jejich relativní pozice
- Tok turistů po Berlíně vs. migrace z Kalifornie



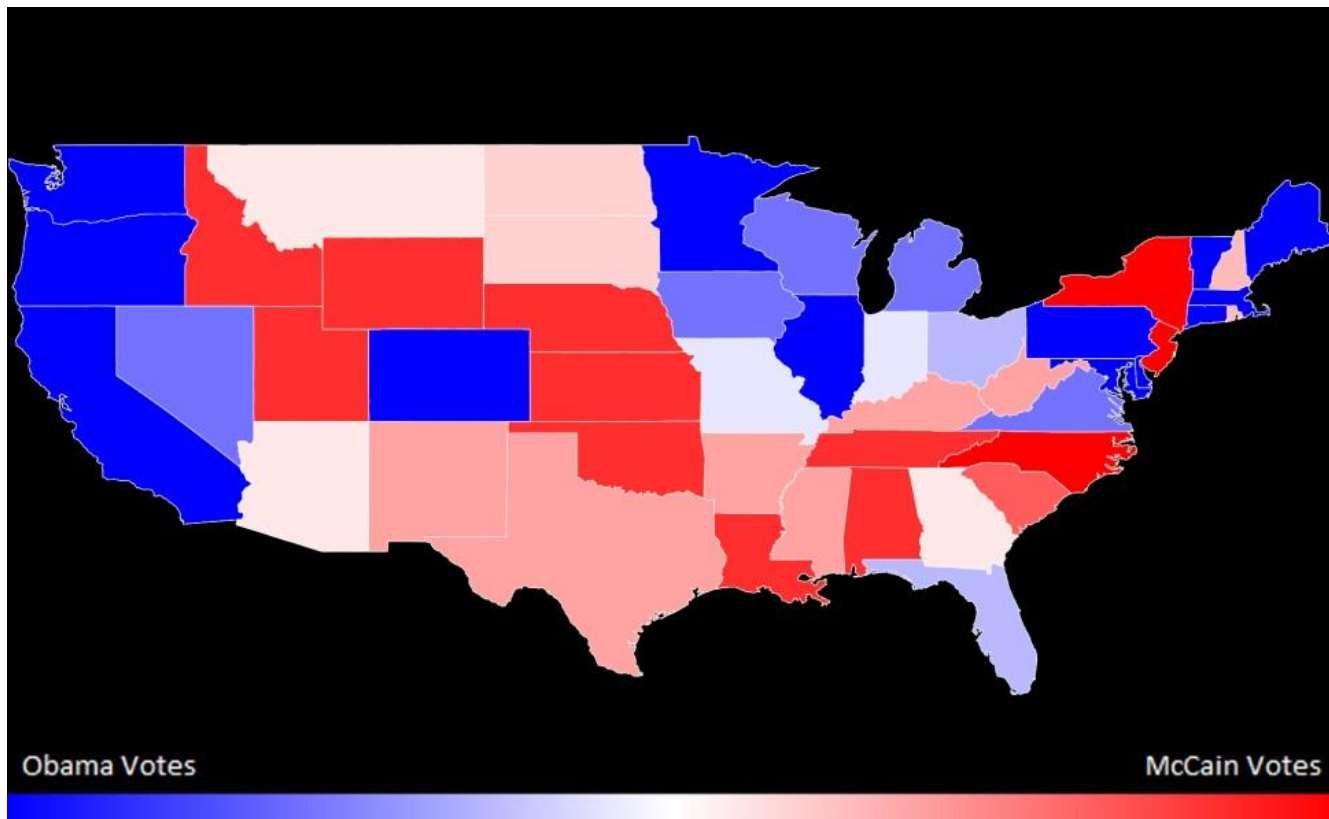
Mapy toku

- Shlukování hran – zvýraznění vztahů, ohyb hran



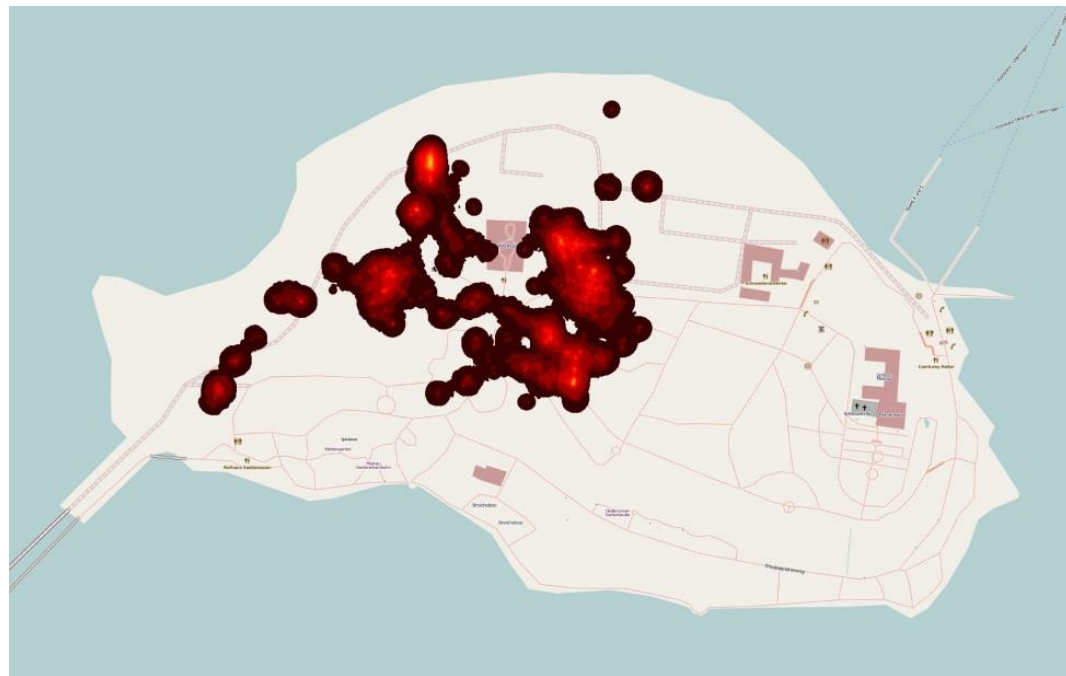
Vizualizace plošných dat

- Nejčastěji se využívají **tematické mapy**
- Nejpopulárnější metoda = **choropletové mapy**



Vizualizace plošných dat

- Dasymetrické mapy – pokud nemáme rozložení dat podle regionů
- Izarytmické mapy – kontury spojitých jevů (viz obrázek)

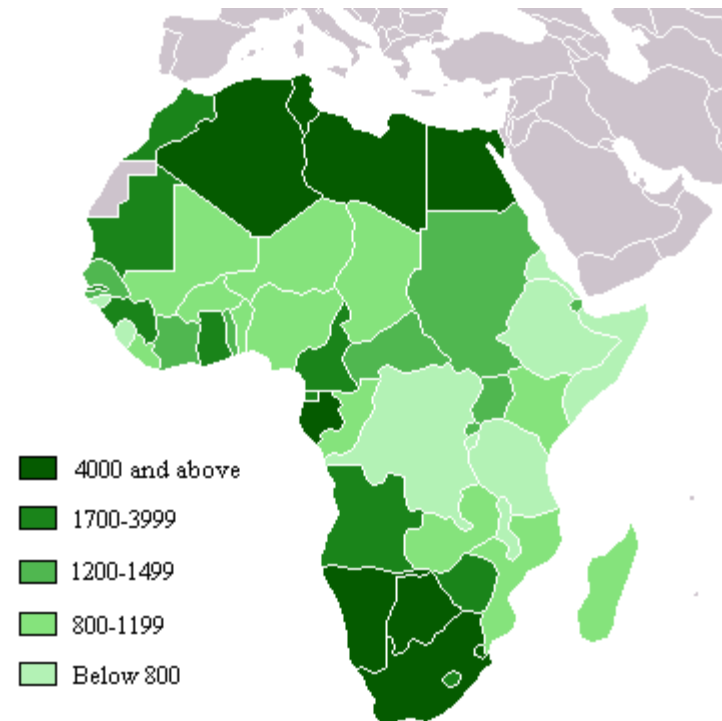


Vizualizace plošných dat

- Izometrické mapy – kontury odvozeny z reálných datových bodů (např. teplota v daném místě)
- Izoplety – datový bod je považován za těžiště daného regionu
- Kartogramy – škálování velikosti regionů za účelem zobrazení statistické informace

Choropletové mapy

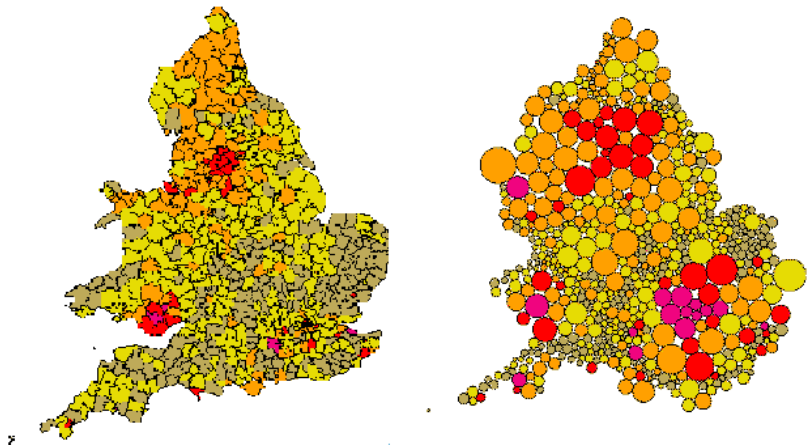
- Plošné jevy v podobě stínovaných polygonů uzavřených konturou
- Státy, kraje, parky, ...
- Problém:
 - Zajímavé hodnoty v hustě osídlených oblastech – většinou malé polygony



Kartogramy

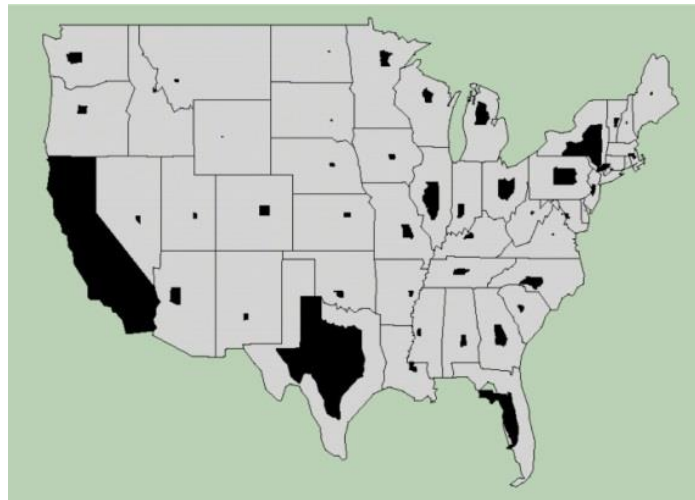
- Zobecnění běžných tematických map, snaha vyhnout se problémům choropletových map
- Velikost regionů se mění na základě dané vstupní proměnné svázané s geografii vstupních dat

COMPARISON OF A TRADITIONAL MAP AND CARTOGRAM REPRESENTATIONS OF THE PERCENTAGE OF THE MALE POPULATION OF WORKING AGE IN 1891



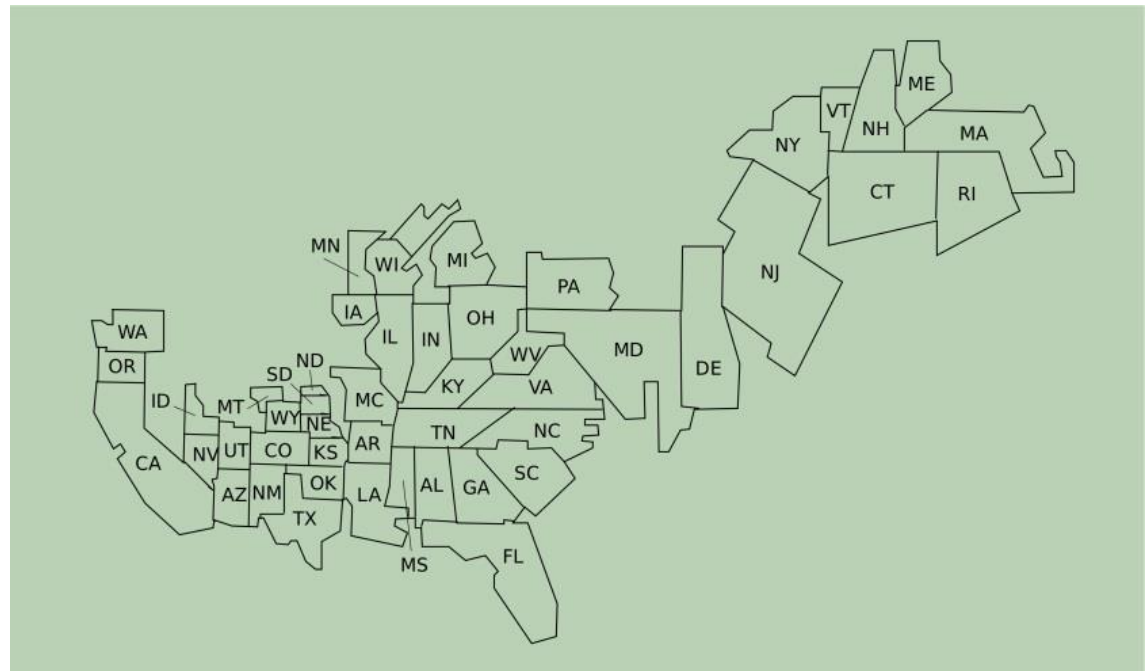
Nespojité kartogramy

- Nezachovávají topologii
- Škálované polygony jsou vykresleny dovnitř původních polygonů
- Původní velikost polygonů omezuje velikost finálních polygonů (hlavně při jejich zvětšení)



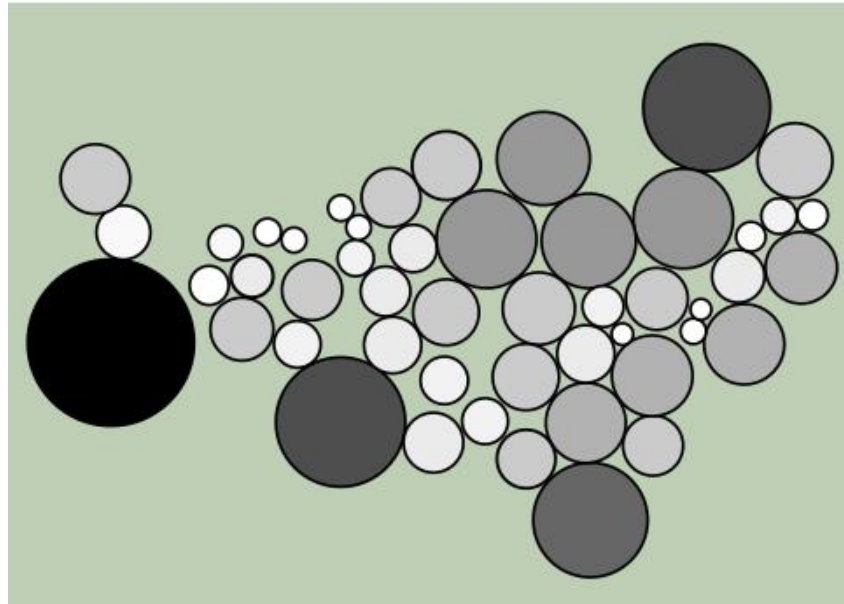
Nepřiléhající, nesousedící kartogramy

- Škálují všechny polygony na jejich požadované velikosti
- Polygony neudržují globální topologii a „sousedy“



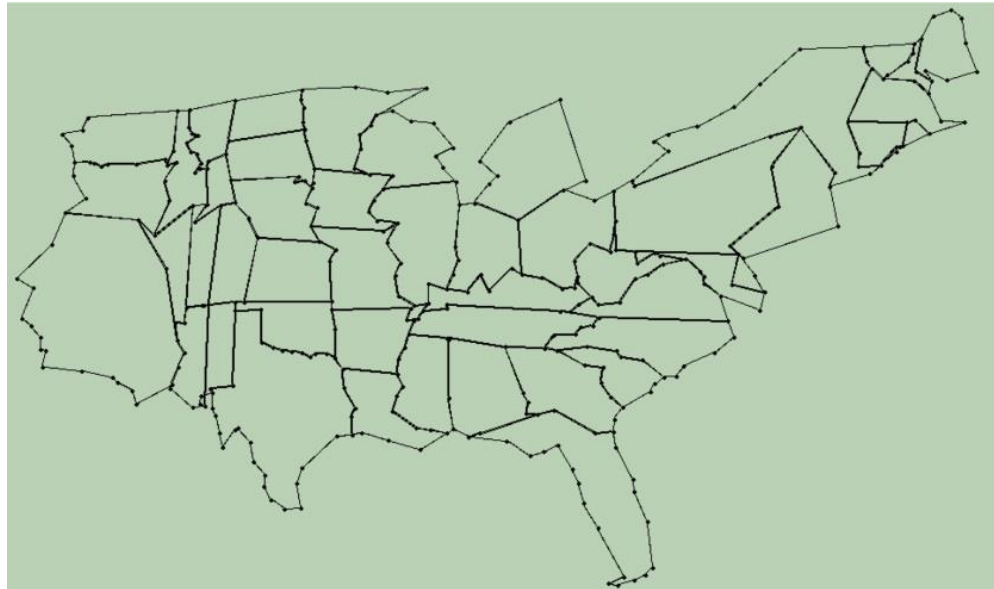
Kruhové kartogramy

- Ignorují tvar vstupních polygonů, reprezentují je pomocí kruhů
- Relaxování plošných i topologických omezení = podobné problémy jako předchozí typ



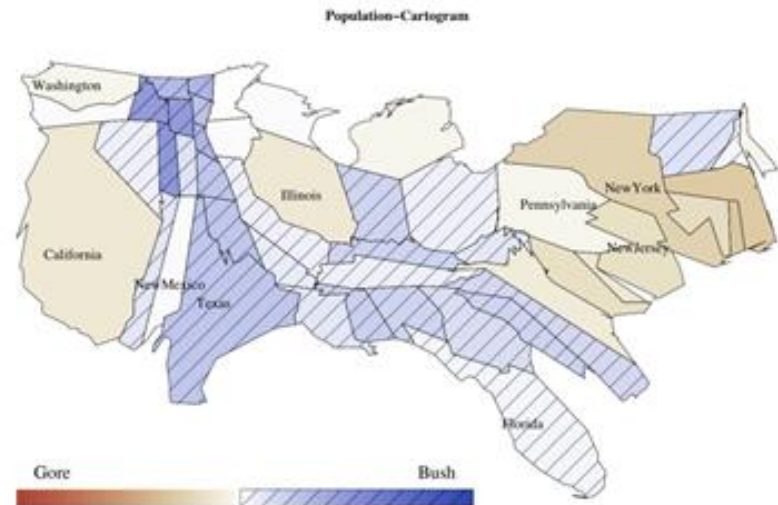
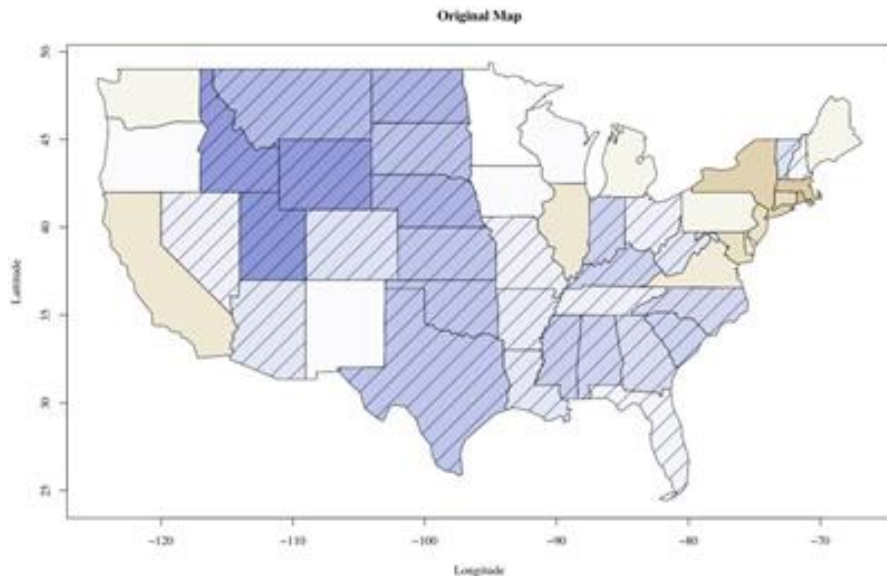
Spojité kartogramy

- Zcela zachovávají topologii mapy
- Relaxují plošná a tvarová omezení
- Ze všech kartogramů nejvíce připomínají topologii původní mapy



Kartogramy

- Ruční vytvoření velmi obtížné, proto populární automatické techniky
- Zachování tvaru vs. zachování plochy



Problém spojitého kartogramu

- Problém deformace mapy
- Vstupem je rovinná polygonální síť (mapa) P a sada hodnot X – jedna pro každý region
- Cílem je deformovat mapu P do P' tak, že je zachován celkový tvar jednotlivých regionů a regiony jsou všechny rozpoznatelné

Problém spojitého kartogramu

- Vstup
 - rovinná polygonální síť P složená z polygonů p_1, \dots, p_k
 - hodnoty $X = x_1, \dots, x_k$, kde $x_i > 0$, $\sum x_i = 1$
 - $A(p_i)$ označuje normalizovanou plochu polygonu p_i , kde $A(p_i) > 0$, $\sum A(p_i) = 1$

Problém spojitého kartogramu

- Výstup

- Polygonální síť P' zachovávající topologii, která se skládá z polygonů p_1', \dots, p_k' takových, že funkce $f(S', A')$, která je definována jako

$$f(S', A') = w \cdot \sum_{i=1}^k s_i + (1-w) \cdot \sum_{i=1}^k a_i$$

je minimalizována s

$$S' = \{s_1, \dots, s_k\} \text{ kde } s_i = d_S(p_i, p_i') \quad \text{shape error}$$

$$A' = \{a_1, \dots, a_k\} \text{ kde } a_i = d_A(x_i, A(p_i')) \quad \text{area error}$$

- $i = 1, \dots, k$ a w je váhový faktor, $0 \leq w < 1$

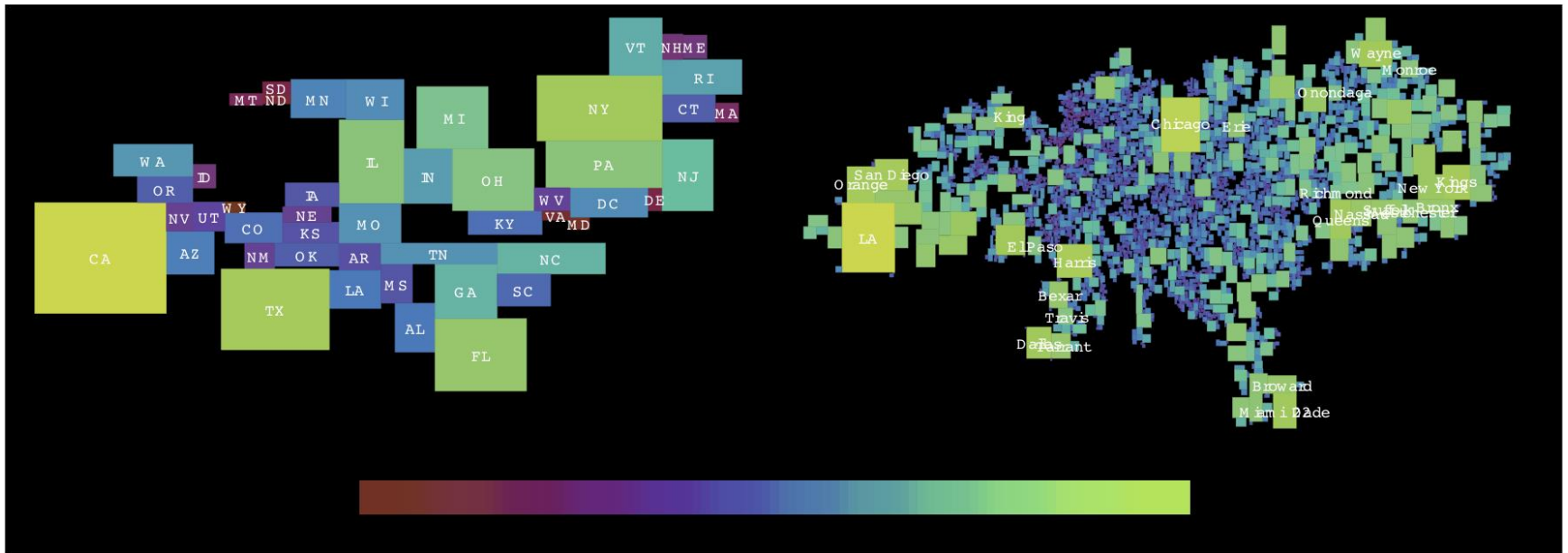
Problém spojitého kartogramu

- Zachování topologie = stěny vstupní sítě musí zůstat stejné
- Formálně: sítě jsou pseudo-duální (graf obsahující vrchol pro každou stěnu a hranu mezi dvěma vrcholy, pokud odpovídají sousedním stěnám)
- f , d_s a d_A modelují chybu výsledného kartogramu
- NP-úplný problém

Obdélníkový kartogram

- Aproximace map pomocí obdélníků
- Rozdělení dostupného prostoru obrazovky
- Obdélníky jsou umístěny co nejbližší původním pozicím a co nejbližší původním sousedům
- Jedním z algoritmů pro řešení tohoto problému je tzv. **RecMap** algoritmus

RecMap algoritmus



Zobecnění (generalizace) map

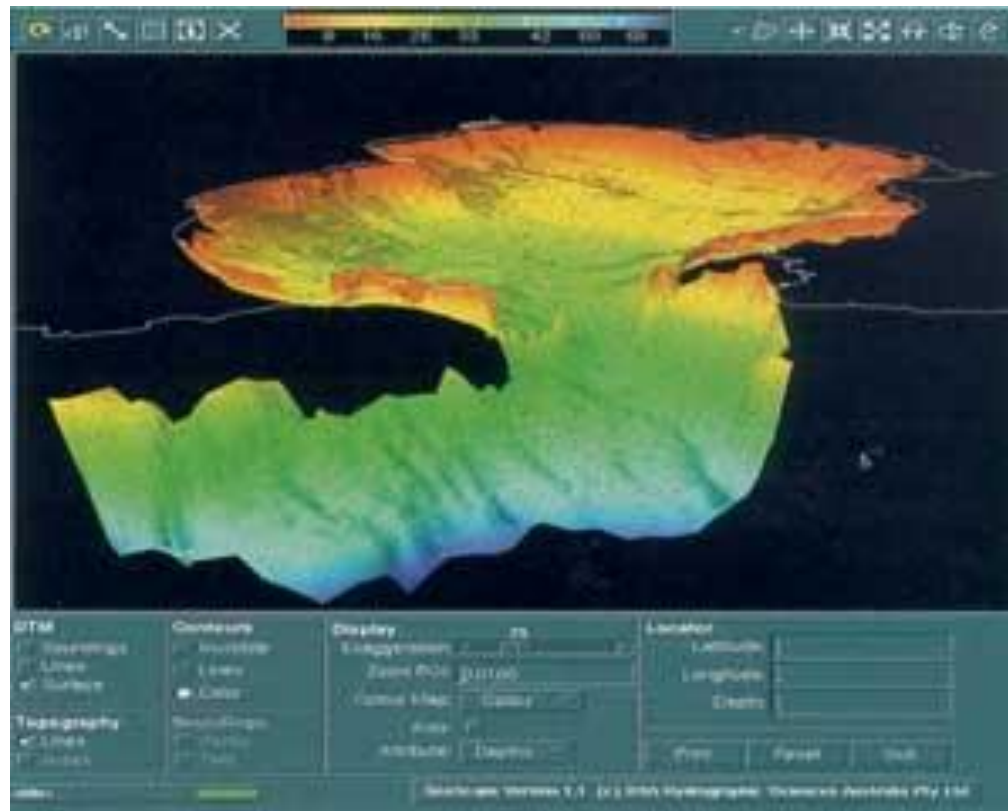
- Proces výběru a abstrahování informace z mapy
- Generování mapy s menším měřítkem z mapy s měřítkem větším (obsahující detaily)
- Příklady generalizace:
 - Zjednodušení bodů
 - Zjednodušení čar
 - Zjednodušení polygonů

Map labeling

- Umístění textových nebo obrázkových značek do blízkosti bodů, čar a polygonů
- Řada různých algoritmů řešících tento problém – liší se efektivitou a kvalitou výsledků
- Většinou založeny na heuristických metodách

Příklady

- Aplikace pro vizualizaci geoprostorových dat



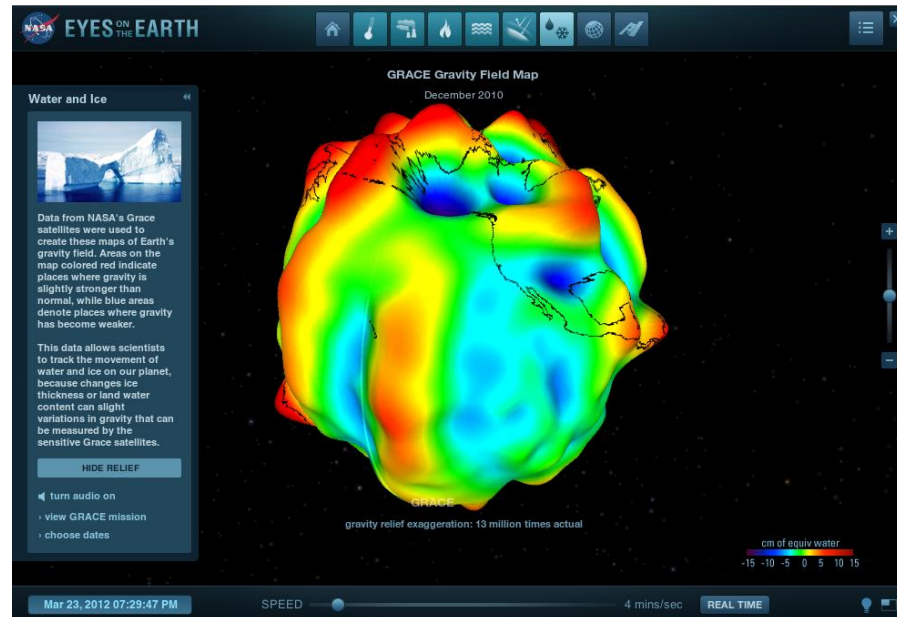
DataAppeal: Visualizing Geospatial Data in 3D

- <http://infosthetics.com/archives/2011/08/dataappeal-visualizing-geospatial-data-in-3d.html>



NASA Updates Eyes on Earth Visualization Site

- <https://eyes.nasa.gov/eyes-on-the-earth.html>



ArcGIS Engine

- <http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/NET/24bb224f-585a-48fc-b11c-38c8699f0132.htm>



Visualizing Geospatial Data

- **SIGGRAPH 2004 Course Notes**
- <http://www.siggraph.org/~rhyne/carto/course04/>

