

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Program Geodézie a kartografie

Obor Geomatika



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tvorba tematických map s využitím nových
vizualizačních metod

Creation of thematic maps using new
visualisation methods

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

leden 2024

Bc. Taťána Bláhová

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Tvorba tematických map s využitím nových vizualizačních metod* vypracovala samostatně a veškeré použité zdroje a použitá literatura jsou uvedeny v seznamu zdrojů.

V Praze dne

.....

Tatána Bláhová

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své diplomové práce prof. Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D., za vstřícnost, poskytnuté rady a trpělivost při psaní této práce. Poděkování za podporu patří i rodině a blízkým lidem, kteří mě v životě provázeli a stále provázejí.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá netradičními vizualizačními metodami tematické kartografie. Jsou zde vymezeny a popsány běžně používané metody a dále metody nové (méně tradiční). U netradičních metod jsou popsána specifika jejich tvorby v prostředí GIS (geografických informačních systémů) a celková náročnost jejich aplikace na vstupní data. V rámci praktické části jsou vytvořeny tematické mapové výstupy s užitím analyzovaných metod.

Výstupem práce je shrnutí aspektů tvorby moderních metod tematické kartografie.

Klíčová slova

metody tematické kartografie, tematická mapa, tradiční metoda, nová metoda, GIS

Abstract

This diploma thesis deals with non-traditional visualization methods of thematic cartography. It defines and describes commonly used methods and new (less common or unusual) methods. For the non-traditional methods, the specifics of their creation in the GIS (Geographic Information System) environment and the overall complexity of their application to input data are described. In the practical part, thematic maps are created using the analysed methods.

The output of the thesis is a summary of aspects of creation of modern methods of thematic cartography.

Key words

thematic cartography methods, thematic map, common visualization method, uncommon visualization method, GIS

Obsah

Úvod.....	8
1 Tematická kartografie	9
1.1 Kartografické vyjadřovací prostředky	9
1.2 Dělení metod tematické kartografie.....	11
1.2.1 Druhy dat v GIS.....	11
1.2.2 Dělení metod podle vybraných autorů	12
2 Tradiční metody v tematické kartografii.....	14
2.1 Metoda bodových, liniových a plošných znaků.....	14
2.1.1 Bodové znaky.....	14
2.1.2 Liniové znaky	14
2.1.3 Plošné znaky.....	16
2.2 Metoda kartogramu.....	16
2.3 Metoda kartodiagramu	18
2.4 Metoda teček.....	20
2.5 Metoda izolinií	21
2.6 Metoda dasymetrická.....	23
2.7 Kartografická anamorfóza	24
3 Netradiční metody v tematické kartografii.....	25
3.1 Multivariantní kartogramy.....	26
3.1.1 Bivariantní a trivariantní kartogram	26
3.1.2 Value-by-alpha kartogram.....	30
3.2 Varianty kartodiagramu	33
3.2.1 Waffle grid map.....	33
3.2.2 Coxcomb diagram map.....	36
3.3 Metoda gridu	37
3.4 Metoda intenzity jevu (heat-map)	40
3.5 Joy plot.....	42
4 Hodnocení náročnosti zpracování netradičních metod.....	44
4.1 Bivariantní kartogram	44
4.2 Value-by-alpha kartogram.....	46
4.3 Waffle grid map.....	48

4.4	Coxcomb diagram map.....	49
4.5	Metoda gridu	51
4.6	Metoda intenzity jevu (heat-map)	53
5	Mapové výstupy.....	55
5.1	Turistické cíle Jihočeského kraje.....	55
5.2	Kriminalita v Praze.....	56
6	Diskuze	58
7	Závěr	60
	Zdroje.....	61
	Seznam obrázků	65
	Seznam příloh	67

Úvod

Hlavní myšlenka této diplomové práce by se dala shrnout do následujících dvou otázek: „Mám prostorová data, která chci znázornit v mapě, existuje pro ně jiná (a třeba i zajímavější) možnost, než jsou tradiční způsoby vizualizace? A je možné tento netradiční způsob provést v GIS?“

Teoretickým cílem, a hlavně motivací, je nalézt méně známé, méně používané, ale vizuálně přitažlivé a zároveň srozumitelné metody, které lze použít v tematických mapách. Důležitost tématu dle mého souvisí se stále se rozšiřujícími softwarovými možnostmi ať už v geografických informačních systémech nebo grafických programech, s množstvím dostupných geodat a s požadavky na jejich vizualizaci – proč by se měly používat stále stejné metody, když lze znázornění dat provést i jiným způsobem?

Praktickým cílem práce je popsat netradiční metody tematické kartografie a zhodnotit možnosti jejich budoucího širšího využití, především z hlediska toho, jak náročná je jejich konstrukce v současně dostupných GIS či jiných programech. Dílčí cíle práce lze shrnout následovně:

- identifikovat vizualizační metody tematické kartografie, které jsou v mapách používané nejčastěji,
- nalézt jejich modernější verze nebo alternativy vzhledem k tomu, na jaká data se běžně aplikují, a zda tyto alternativy přináší nějakou novou informaci,
- zjistit, jak a jestli jsou tyto nové metody konstruovatelné v GIS, a jaká jsou případně specifika jejich tvorby,
- posoudit, jaká je pravděpodobnost a možnost jejich budoucího užití vzhledem k postupu a náročnosti jejich zpracování.

První kapitola stručně popisuje cíle tematické kartografie, základní kartografické vyjadřovací prostředky a dělení metod tematické kartografie. Ve druhé kapitole je provedena rešerše literatury věnující se metodám tematické kartografie a jsou zde vymezeny ty metody, které lze považovat za tradiční, respektive nejčastěji užívané v atlasech. Třetí kapitola naproti tomu popisuje vybrané netradiční (nové) metody, jejich vlastnosti, výhody a nevýhody použití. Ve čtvrté kapitole je popsán možný způsob konstrukce netradičních metod v různých softwarech a jeho náročnost. Pátá kapitola obsahuje ukázky mapových výstupů s analyzovanými metodami a stručný popis použitých datových sad.

1 Tematická kartografie

Tematická kartografie je oblastí kartografie zabývající se metodami znázornění tematického obsahu na topografickém podkladu. Vizualizace prostorových dat je proces přenosu informací o reálných objektech do mapy pomocí vhodně zvolených kartografických symbolů.

Tematická mapa zpravidla obsahuje topografický podklad a tematický obsah. Topografickým podkladem bývají jen nejnútnější topologické prvky, které napomáhají ke správnému vyjádření tematického obsahu tak, aby mapa nebyla vizuálně zahlcena nadbytečným obsahem. Zobrazovanými tématy jsou nejčastěji přírodní a socioekonomické prostorové jevy, vztahy mezi nimi a jejich charakteristiky. Mapy obecně, včetně tematických, jsou velmi účinným nástrojem ke sdělení velkého objemu prostorových informací, které předávají rychle a přesně.

Pro různá témata a různé prostorové jevy, které tematická kartografie běžně prezentuje, neexistuje jediný možný způsob interpretace, vždy záleží na konkrétním účelu mapy, potenciálním okruhu uživatelů a také na skutečnosti, jestli má mapa sloužit jako „pouhá“ vizualizace jevu, nebo jako produkt k následné pokročilé analýze území. Zároveň také platí, že pokud je provedena správně, každá metoda znázornění dat umožňuje čtenáři mapy nahlížet na data jiným způsobem a vidět v nich jiné souvislosti.

Základní funkcí každé mapy, a tím pádem vizualizační metody, která se pro tvorbu mapy využije, je předat uživateli přesnou a srozumitelnou prostorovou informaci o zobrazovaném jevu.

V průběhu času bylo proto vyvinuto mnoho různých metod pro zobrazení těchto jevů a kartografové se různí v přístupech, podle kterých dané metody klasifikují. V kapitole jsou dále uvedeny přístupy vybraných autorů.

Nejprve jsou zde ale popsány kartografické vyjadřovací prostředky, které jsou základním předpokladem pro tvorbu jakékoli mapy, ať už tematické, nebo topografické.

1.1 Kartografické vyjadřovací prostředky

Mezi vyjadřovací prostředky mapy se podle [1] řadí kartografické znaky, diagramy a grafy, které společně graficky sdělují informace o vlastnostech znázorňovaného reálného objektu či jevu v mapě. Základní funkcí každého vyjadřovacího prostředku je lokalizace, dále mají kartografické znaky funkce

kategorizační (vyjádření kvality jevu – důraz je kladen na rozlišení objektů od sebe navzájem nebo jejich kategorií) a kvantifikační (vyjádření kvantity jevu – odlišení objektů dle jeho velikosti, případně hierarchie). Kartografické znaky jsou základní elementy jazyka mapy a rozdělují se na tři hlavní skupiny – bodové, liniové a plošné znaky. U každé z těchto skupin znaků se rozlišuje několik parametrů, které jsou podle Voženílka a Kaňoka [1] dle kartografické sémiologie označovány souhrnně jako grafické proměnné.

Kartografická sémiologie se jako vědní disciplína zabývá konceptem kartografických vyjadřovacích prostředků [1] a jsou dle ní vymezeny následující základní grafické proměnné znaků: tvar, velikost, struktura, orientace, výplň (barva), tyto parametry jsou uvedeny na obr. 1. Obecně platí, že pomocí těchto prvků a jejich vhodné kombinace lze v mapě zobrazit téměř jakýkoli obsah, až na složku popisu.

U bodových (figurálních) znaků je nejvýraznějším parametrem tvar, poté jeho velikost, výplň, barva, struktura a orientace. Jedná se o nejčastější vyjadřovací prostředek; existuje mnoho jevů, které lze bodovým znakem vyjádřit [7].

V případě liniových znaků, běžně používaných pro znázornění objektů liniového charakteru, se jedná o parametry struktura, šířka (síla), barva, výplň a orientace.

Plošné (areálové) znaky jsou v tematické mapě velmi výrazným prvkem a používají se buď jako samostatné vyjadřovací metody (areálová metoda), nebo jako součást dalších metod (kartogram). Jejich parametry jsou obrys a výplň.

Graf umožňuje v mapě znázornit závislost mezi dvěma nebo více proměnnými a je běžným prostředkem pro vyjádření statistických dat. Grafy je možné klasifikovat podle různých hledisek, a to podle počtu proměnných (jednoduchý, složený) či podle způsobu grafického znázornění (liniový, sloupcový, bodový, výsečový). Co je pro všechny grafy společné, je existence souřadnicových os.

Diagram je naproti tomu rovinný geometrický obrazec zobrazující kvantitativní nebo kvalitativní údaje vztažené k bodu, linii nebo ploše, většinou užívaný pro statistická data. V tematických mapách se vyskytuje především jako součást kartodiagramu. Samotných druhů diagramu existuje velké množství, jako příklady lze uvést strukturní, srovnávací, segmentový, dynamický, jednoparametrový nebo víceparametrový.

	bodový znak			liniový znak			plošný znak
velikost/síla							
struktura							
barva							
tvar							
orientace							
výplň – rastr							
výplň – barva							
intenzita							

Obrázek 1: Parametry bodových, liniových a plošných znaků [7]

1.2 Dělení metod tematické kartografie

V současné době existuje vícero způsobů klasifikace metod tematické kartografie, liší se v závislosti na autorech a podrobnosti dělení, a je nutné zmínit, že žádný z nich není ten jediný správný a univerzální. Jelikož cílem této práce není již existující dělení nijak hodnotit či se snažit vytvářet nové komplexní dělení podle jakýchkoli kritérií, budou zde dále popisované metody posuzovány na základě druhu vstupních dat, a to dat používaných v GIS, na která se tyto metody dají aplikovat.

Při tvorbě mapy je totiž rozhodujícím a velmi důležitým krokem právě volba metody (a její provedení) vzhledem k účelu mapy a charakteru dat, z toho důvodu je také nezbytné, aby kartograf prezentovaným datům rozuměl. Postup, jak vybrat vhodnou metodu pro konkrétní data, uvádí např. Miklín [6] nebo Slocum [2].

1.2.1 Druhy dat v GIS

Data pro tvorbu map v GIS se v zásadě dají rozdělit na geodata, tedy data prostorově lokalizovaná (polohopis, výškopis) nebo tematická, a doplňková, mezi které se řadí doprovodné grafy, tabulky a texty. Geodata mohou být dle

[6] z hlediska digitální reprezentace vektorová, rastrová a ostatní (analogové mapy), a většinou propojují geometrickou a atributovou složku.

Pro tvorbu tematických map jsou nejčastěji využívána vektorová geodata a velmi často jejich atributová složka. Objekty znázorněné v mapě jsou standardně reprezentovány bodem, linií nebo polygonem.

Pokud by měly být odlišeny nejzákladnější kategorie vstupních dat pro tematické mapy, pak by se jednalo o data měřená a lokalizovaná v bodech a statistická data agregovaná za určité územní jednotky.

1.2.2 Dělení metod podle vybraných autorů

Jiným přístupem je dělení vstupních dat na kvalitativní (nominální a ordinální) a kvantitativní (relativní a absolutní). Další dělení je na diskrétní a spojitá, jinou možností pak na data vhodná pro bod, linii nebo plochu. Většina tematických map znázorňuje kvantitativní, statistická data, např. ekonomické a demografické ukazatele.

Následují příklady klasifikací metod podle vybraných autorů.

Slocum [2] dělí metody na základě jejich vizuálních vlastností a typů dat, která reprezentují na:

- metoda kartogramu,
- metoda izolinií,
- dasymetrická metoda,
- metoda kartodiagramu,
- metoda teček,
- metody pro vyjádření vícerozměrných dat (multivariate mapping),
- kartografická anamorfóza,
- metoda pohybových linií (flow maps).

Voženílek, Kaňok a kol. [1] rozlišují tyto skupiny:

- metoda bodových znaků,
- metoda liniových znaků,
- metoda plošných znaků,
- metoda teček,
- metoda izolinií,
- dasymetrická metoda,
- metoda kartodiagramu,
- metoda kartogramu,

- metoda kartografické anamorfózy,
- metoda kartotypogramu,
- metody pro vyjádření dynamiky prostorových jevů.

Miklín a Dušek [6] vymezují následující základní skupiny metod podle jejich graficko-komunikačního principu:

- metoda kartodiagramu,
- metoda intenzitních barev (do které spadá metoda kartogramu),
- metoda teček,
- povrchy (vizualizace topografického nebo statistického povrchu),
- metoda kartografické anamorfózy.

Na základě tohoto výčtu (a především ze současné atlasové tvorby) lze ale některé metody označit jako ty tradiční, tedy ty nejpoužívanější, jejichž popis obsahuje následující kapitola. Jedná se o metody, na kterých se shoduje většina kartografů. Atlasy, z nichž bylo čerpáno, jsou:

- Atlas krajiny ČR,
- Atlas obyvatelstva,
- Akademický atlas českých dějin,
- Atlas fenologických poměrů Česka,
- Školní atlas světa,
- Školní atlas dnešního světa,
- Atlas Moravskoslezského kraje: lidé, podnikání, prostředí,
- Tematický atlas Jihomoravského kraje.

2 Tradiční metody v tematické kartografii

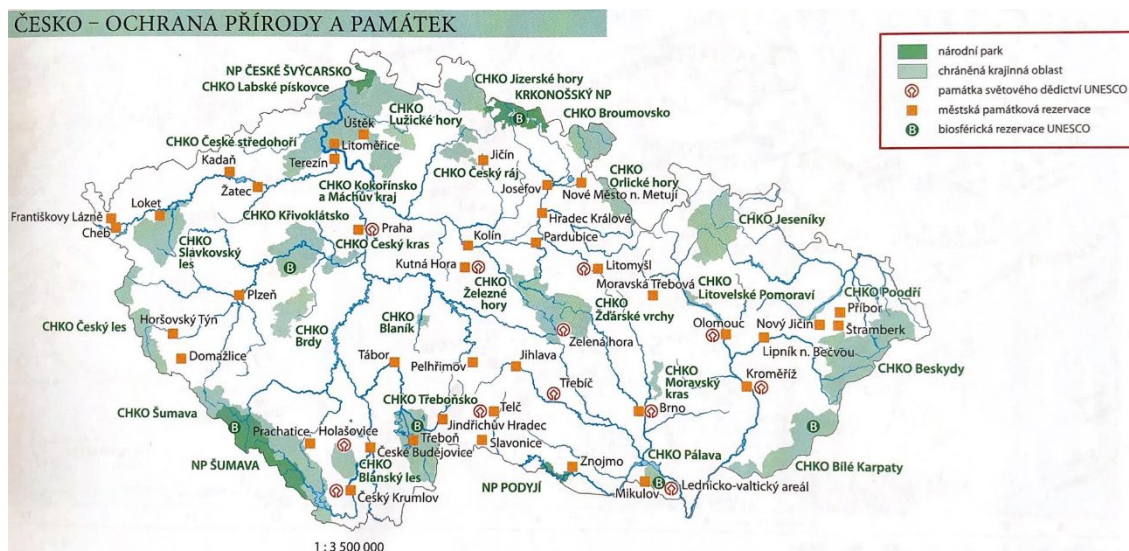
Ke znázornění kvalitativních dat v mapě jsou nejčastěji používány metody bodových, liniových a plošných znaků. Ostatní uvedené metody jsou vhodnější pro kvantitativní data.

2.1 Metoda bodových, liniových a plošných znaků

2.1.1 Bodové znaky

Kvalitu prostorového jevu lze v případě bodu nejlépe znázornit jeho tvarem, který může být geometrický, symbolický, obrázkový nebo alfanumerický, tak jak uvádí Voženílek [1]. Geometrické znaky jsou snadno konstruovatelné a pro čtenáře mapy lehce čitelné, symbolické pak předpokládají určitou schopnost asociace znaku se zobrazovaným jevem (zažité symboly např. pro hrad, kostel, přístav apod.).

Kromě tvaru se bodové znaky mohou lišit strukturou, výplní, orientací a velikostí (ta zde jako jediný parametr může sloužit k vyjádření kvantity).



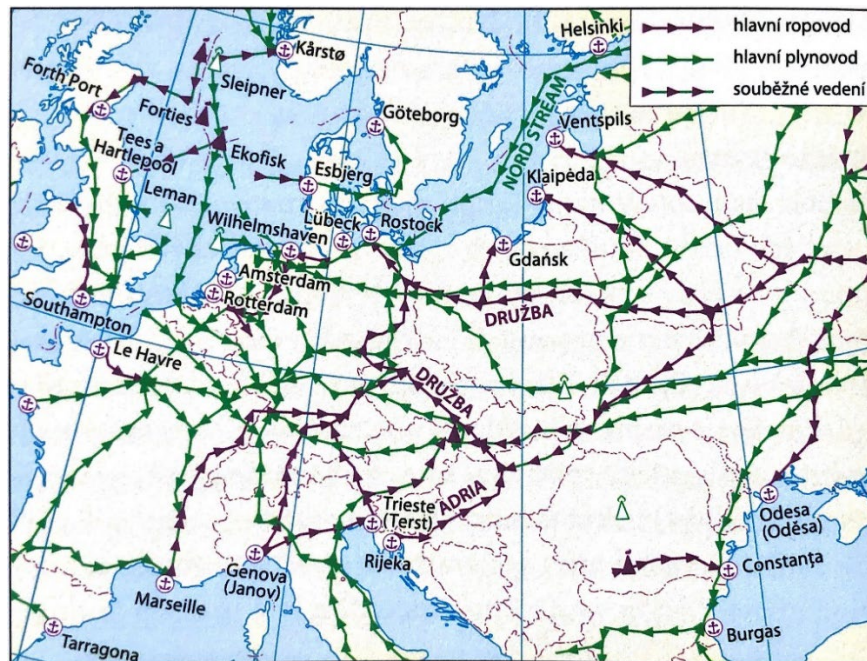
Obrázek 2: Metoda bodových znaků [4]

2.1.2 Liniové znaky

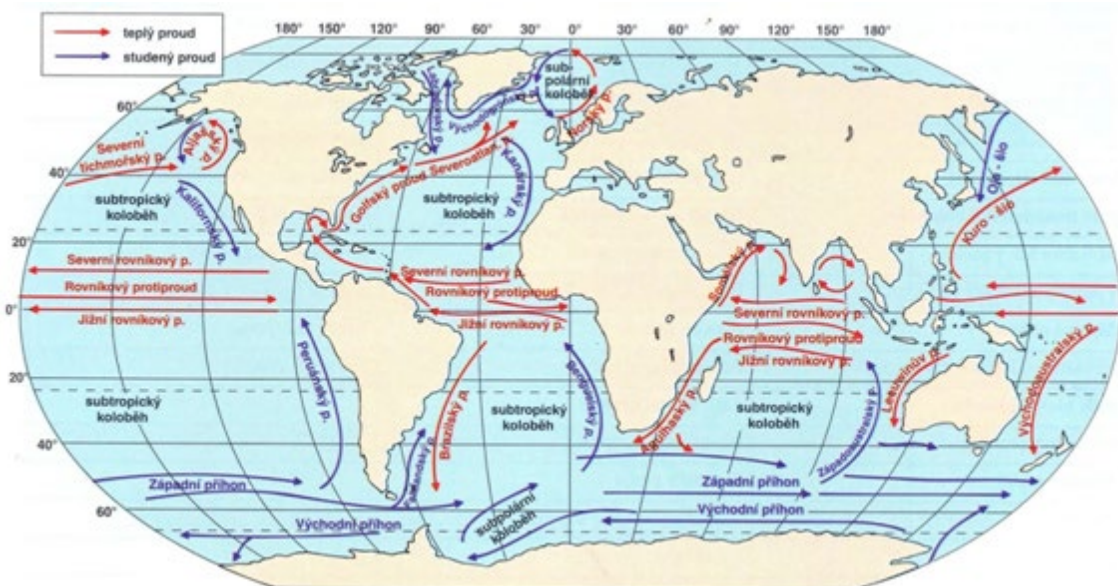
Liniové znaky se v mapách obecně více vyskytují jako součást topografie (komunikace a vodstvo), pokud vyjadřují tematický obsah (jevy jako migrace nebo doprava), tak především svou strukturou [1]. Dalšími parametry znaků

jsou orientace (příčná a podélná), výplň a šířka (může opět znázorňovat kvantitu).

Lze sem řadit také metodu pohybových linií, jež se uplatňuje pro vyjádření směru pohybu (příkladem jsou mořské nebo vzdušné proudy).



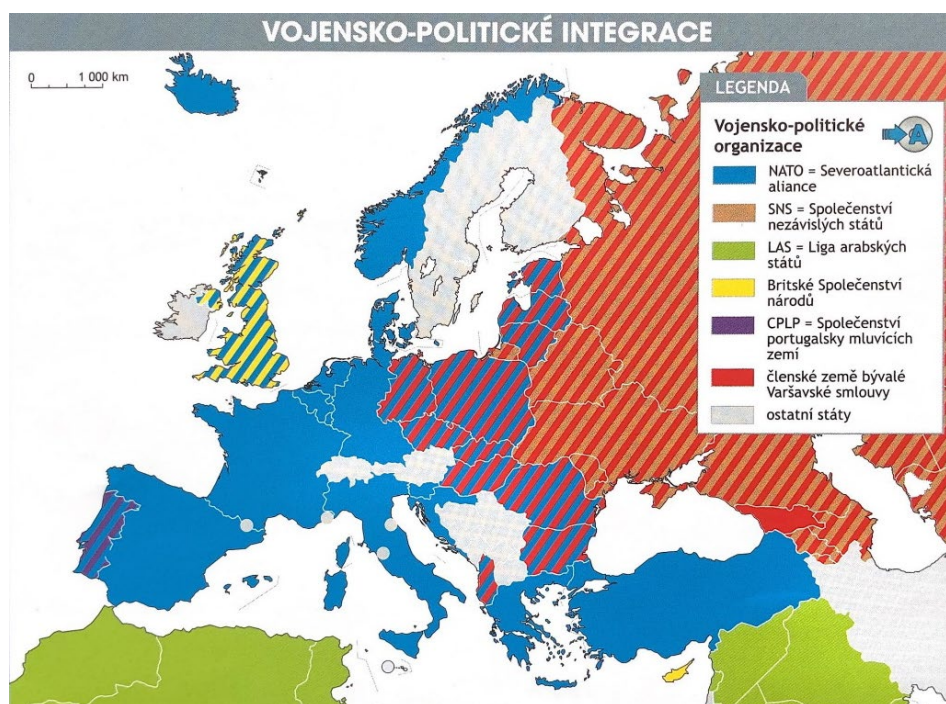
Obrázek 3: Metoda liniových znaků – evropské ropovody [25]



Obrázek 4: Metoda pohybových linií – mořské proudy [17]

2.1.3 Plošné znaky

Plošné znaky se vyskytují v každé mapě, minimálně svým obrysem (např. hranice území), většinou ale i svou výplní [1]. Právě barevná či rastrová výplň je výrazným prvkem mapy a nositelem sdělované informace.



Obrázek 5: Metoda plošných znaků [12]

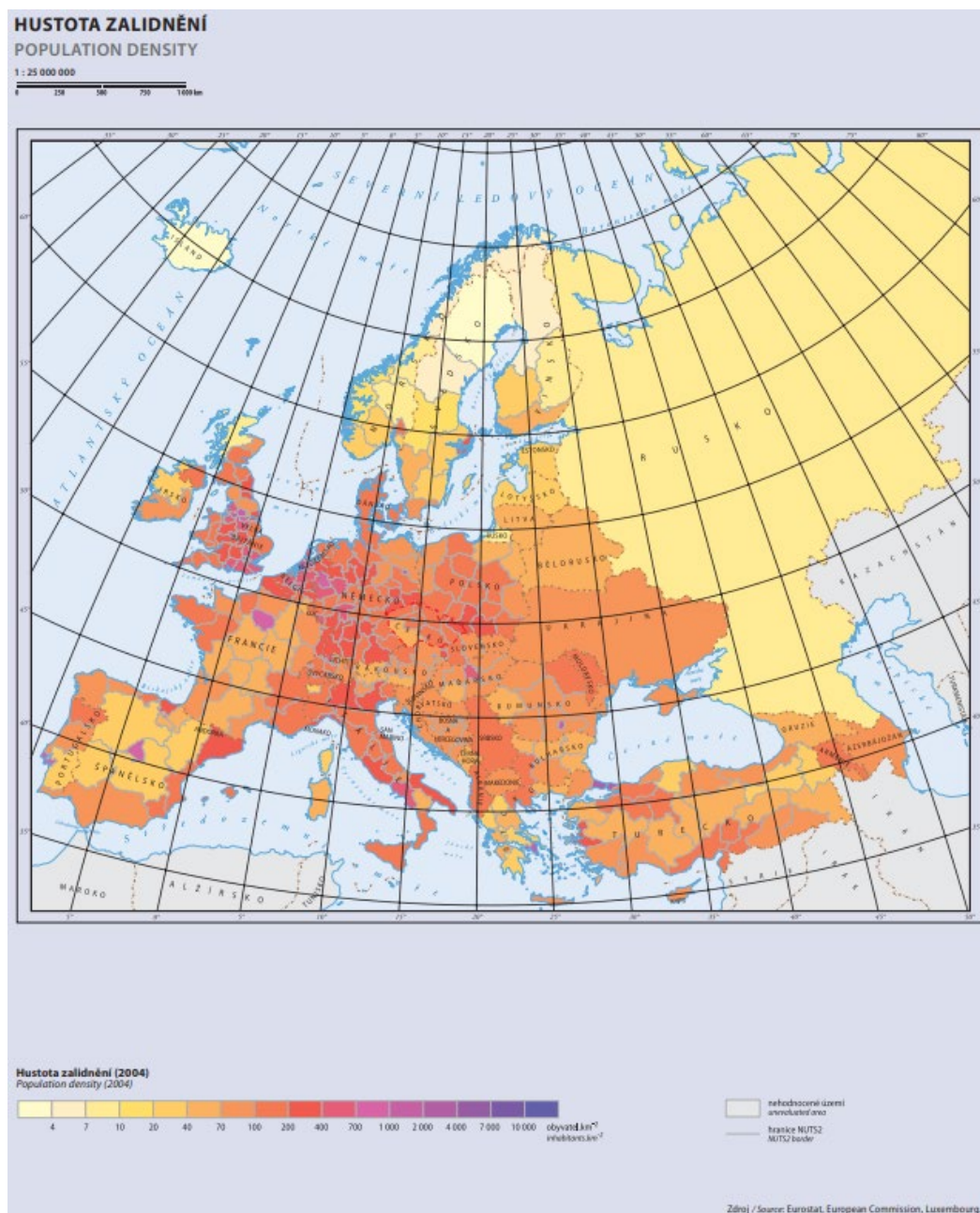
2.2 Metoda kartogramu

Kartogram je velmi oblíbenou a spolu s kartodiagramem pravděpodobně nejpoužívanější vyjadřovací metodou tematické kartografie, a to především pro statistická data. Podstata kartogramu spočívá ve znázornění prostorového rozložení jevu vyjádřeného zásadně relativními hodnotami, zachyceného za dílčí územní celky. Jinými slovy se jedná o kvantitativní data přepočtená na jednotku plochy celého území. Tento přepočet umožňuje v mapě přímé srovnání jednotlivých celků mezi sebou [3].

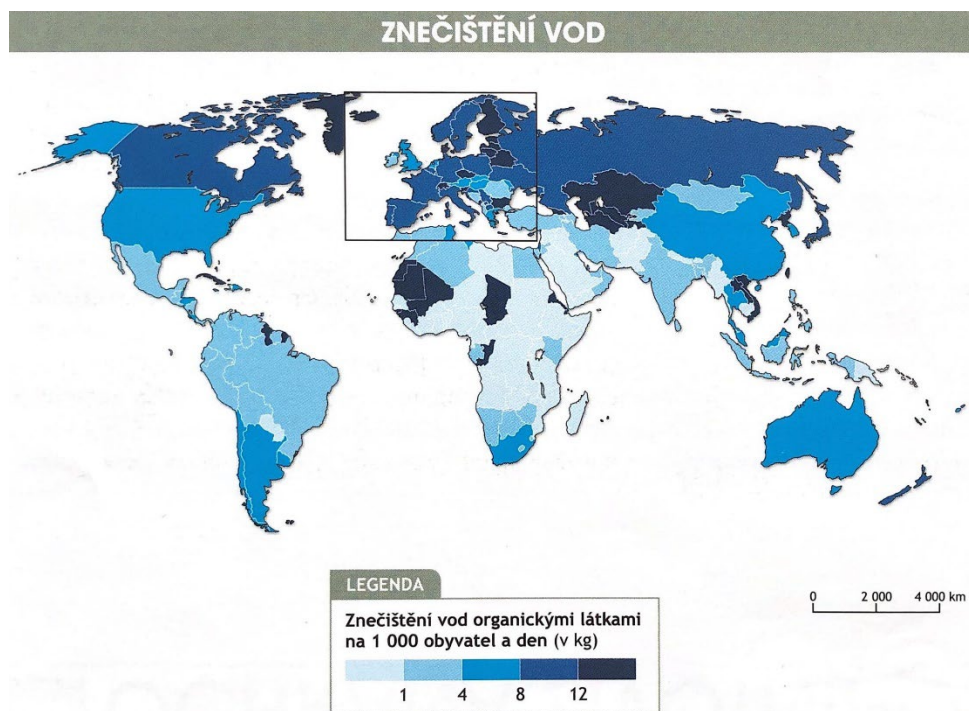
Pokud jsou data přepočtena na jinou charakteristiku území než měrnou jednotku plochy, například na počet obyvatel, jedná se o nepravý kartogram (pseudokartogram), viz obr. 7. Vzhledem k použití relativních dat je pro tvorbu kartogramu zásadní volba vhodné intervalové a barevné stupnice (i vzhledem k tomu, že u jiných metod není vztažná jednotka hlavním grafickým elementem přenášejícím informaci), metoda zároveň nikdy nemůže sloužit ke zjištění přesných hodnot jevu v územních celcích.

Vhodné použití kartogramu je pro informace, které mají vztah k celému mapovanému území, respektive k jeho popisným charakteristikám; nejčastěji se jedná o socioekonomické jevy související s obyvatelstvem, které jsou běžně vyhodnocovány v rámci administrativních jednotek [10].

V závislosti na množství znázorňovaných jevů jsou rozlišovány kartogram jednoduchý (zobrazuje pouze jeden jev), viz obr. 6, a složený (zobrazuje dva a více jevů a umožňuje jejich srovnání). Dalšími variantami jsou kartogram strukturní nebo síťový.



Obrázek 6: Jednoduchý kartogram – hustota zalidnění [18]



Obrázek 7: Nepravý kartogram – míra znečištění vod organickými látkami [12]

2.3 Metoda kartodiagramu

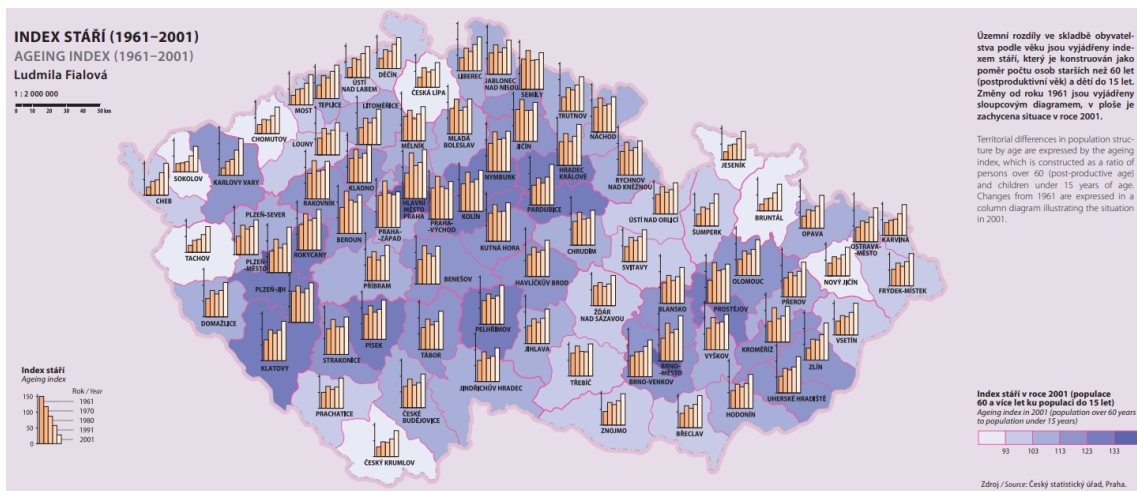
Kartodiagram je metoda sloužící pro znázornění kvantity, konkrétně absolutních hodnot jevu, pomocí diagramů umístěných v mapě. Jedná se o pravděpodobně nejčastěji užívanou metodu pro zobrazení statistických dat. Může znázorňovat údaje pro bodové, liniové i plošné jevy, a to pomocí proměnlivé velikosti diagramu a jeho vnitřní struktury. Volba vhodné stupnice pro diagram, která musí být vždy proporcionální a stupňovaná, je při tvorbě kartodiagramu zásadním krokem pro následnou správnou interpretaci mapy. Stupnice může být intervalová nebo funkční.

Samotných druhů kartodiagramů existuje velké množství, stejně jako způsobů jejich klasifikace. Lze je rozlišovat podle geometrie vztažných prvků (bodové, liniové, plošné – obr. 8) či podle počtu znázorňovaných jevů (jednoduché, složené), přičemž každá ze skupin nabízí několik dalších podtypů (součtový – obr. 9, strukturní, srovnávací, segmentový atp.) [11]. Symboly pro diagram mohou nabývat nejrůznějších geometrických tvarů, jako vhodnější je ale dle [1] uvedena volba rovinných obrazců např. oproti 3D eliptickým diagramům, jejichž výseče jsou vnímány jinak (a často špatně) než výseče kruhových diagramů [1].

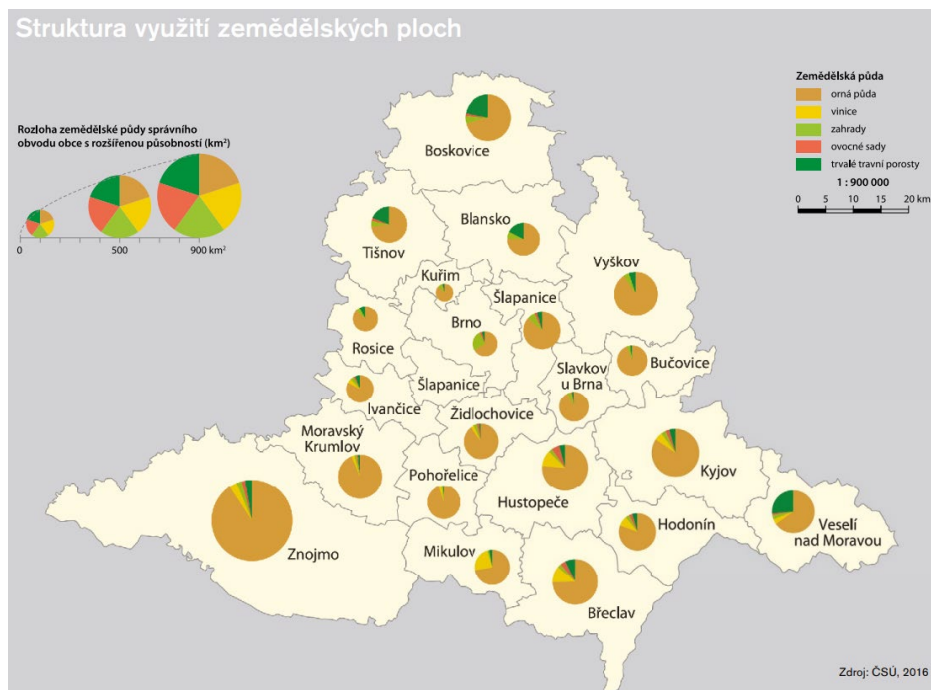
Jako typ liniového kartogramu bývá označována také stuhová metoda, vztahující se k liniovým objektům. Používá se pro vyjádření pohybu (přesunu)

určitého množství nebo objemu jevu, jehož hodnota je dána šířkou stuhu, příkladem může být mapa intenzity dopravy pro jednotlivé úseky silnic [7], jak uvádí příklad na obr. 10. Metoda je velmi podobná metodě pohybových linií (anglicky flow map), jež znázorňuje především směr pohybu daného jevu a obsahuje parametr podélné orientace – tedy šipku, která je pro člověka jako symbol velmi intuitivní.

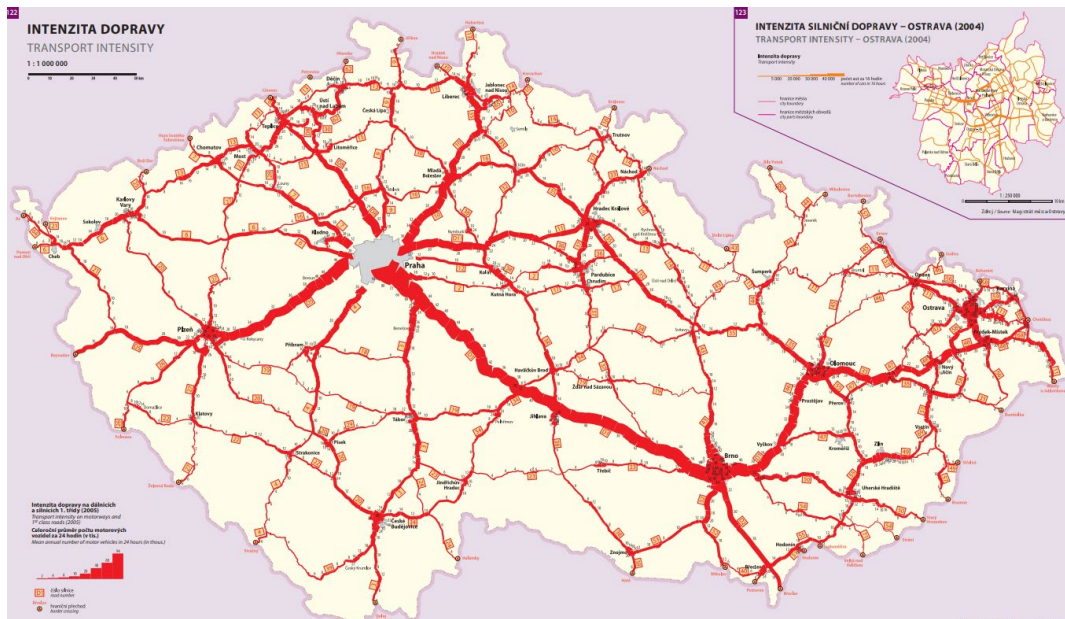
V atlasech je metoda kartodiagramu nejčastěji aplikována na data hospodářská (průmysl, těžba) nebo na charakteristiky obyvatelstva (národnostní složení, porodnost nebo úmrtnost).



Obrázek 8: Plošný sloupcový kartodiagram – index stáří [18]



Obrázek 9: Součtový kartodiagram – využití zemědělských ploch v Jihomoravském kraji [19]



Obrázek 10: Liniový kartodiagram (stuhová metoda) – intenzita dopravy [18]

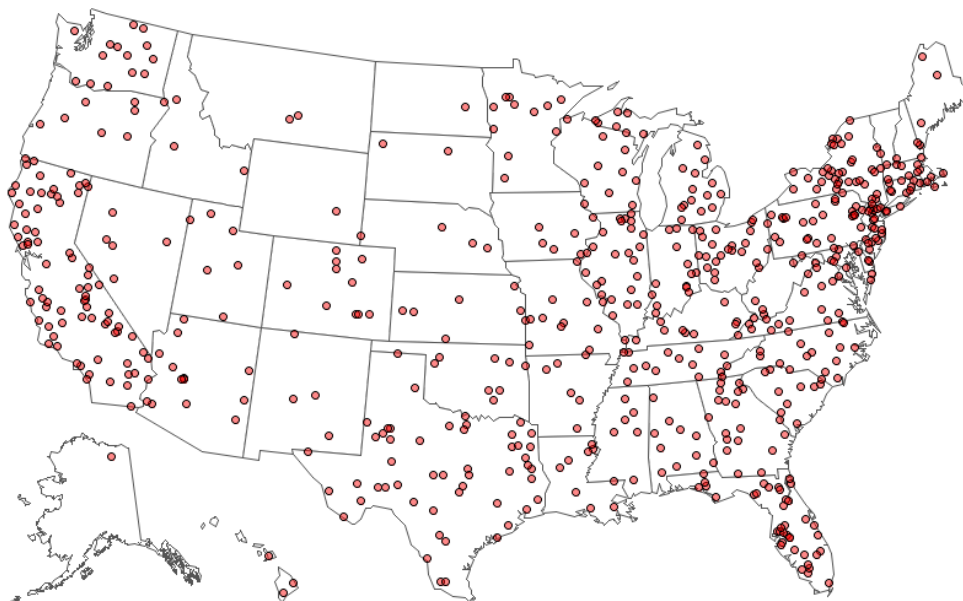
2.4 Metoda teček

Metoda teček slouží k vizualizaci distribuce bodových jevů napříč prostorem, je tedy vhodná pro absolutní kvantitativní data (např. výskyt a počet druhů savců na území). Metoda poskytuje informaci o hustotě mapovaného jevu v prostoru [9]. Každá tečka představuje jisté zvolené množství výskytu zobrazovaného jevu, tečky mají svou přidělenou váhu, např. 1 tečka = 100 obyvatel. Právě správná volba váhy je v závislosti na objemu datového souboru velmi důležitá, neboť ovlivňuje vzhled výsledné mapy, její čitelnost, a tím pádem srozumitelnost [3]; dalšími parametry, které se při tvorbě metody zohledňují, je velikost tečky a její umístění. Platí, že musí být možné tečky v mapě spočítat, proto se nesmí překrývat a „slévat“ dohromady.

Tečky mohou být v mapě rozmístěny buďto dle skutečného místa výskytu jevu (topografický způsob), nebo systematicky rovnoměrně po celé ploše [6]. Kombinací teček různé barvy, velikosti, či průhlednosti lze pak v mapě zobrazit kromě kvantity i kvalitu jevu.

2010 U.S. Population Dot Density map

(each dot represents 500,000 people)



Obrázek 11: Metoda teček – systematické rozmístění teček [20]

2.5 Metoda izolinií

Podle terminologického slovníku VÚGTK¹ [8] je izolinie „čára spojující body o stejné hodnotě spojité proměnlivé veličiny“.

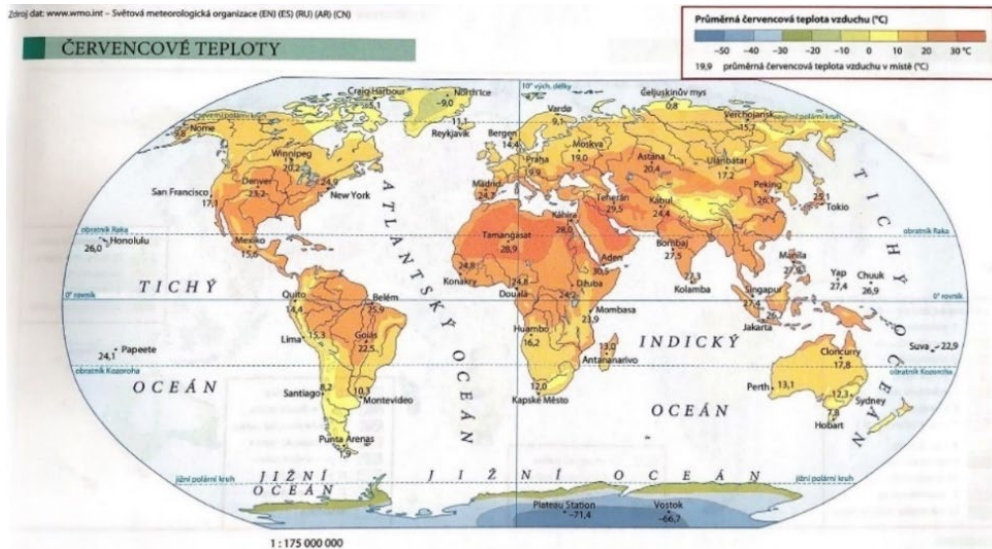
Podle Lysáka [9] je předpokladem pro použití metody izolinií v mapě spojitost a plynulá změna zobrazovaného jevu, jinými slovy, v mapovaném území neexistuje bod, ve kterém by daný jev neexistoval. Typické uplatnění je pro nadmořskou výšku (linie se pak nazývají izohypsy, tedy vrstevnice) nebo meteorologické mapy – teplota vzduchu (izoterma), atmosférický tlak (izobary), objem srážek (izohyety) atp. V případě časové dostupnosti místa se jedná o izochrony, viz obr. 13. Mapa obsahující izolinie se pak nazývá izometrická, příklad je uveden na obr. 12.

Pokud je metoda izolinií aplikovaná na prostorově nespojitý jev, např. socioekonomický, který se v rámci mapovaného území nemění plynule, vzniká namísto izometrické mapy mapa izopletická (nepravé izolinie) [1]. Plochy mezi izoliniemi jsou typicky vyplněny barvami asociovanými se znázorněným jevem.

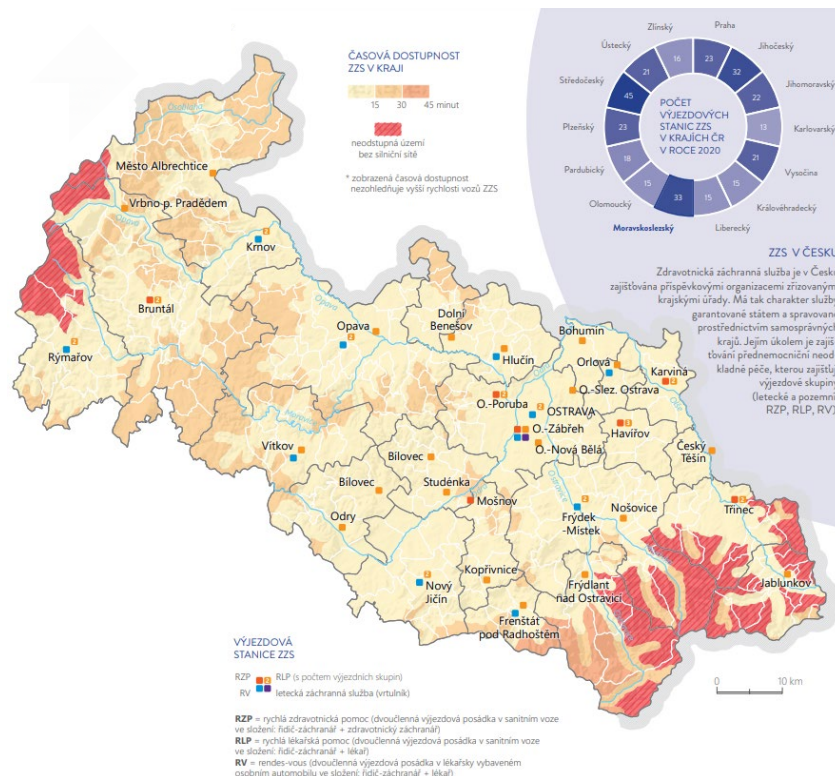
Izometrické mapy vycházejí z prostorově lokalizovaných bodů a hodnot v nich naměřených (použití absolutních dat), izopletické mapy naproti tomu

¹ VÚGTK – Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.

z relativních údajů vztažených k plošným jednotkám (ne k přímo měřeným bodům), a ty jsou dále pro konstrukci izopleť reprezentovány řídicími body. Interpolací mezi řídicími body (nebo přímo mezi měřenými body) pak vznikají samotné linie. Mezi nejpoužívanější interpolační algoritmy pro konstrukci izolinií patří podle [9] lineární interpolace (triangulace mezi body), metoda nejbližšího souseda, metoda inverzních vzdáleností nebo kriging.



Obrázek 12: Metoda izolinií – průměrná červencová teplota vzduchu [4]



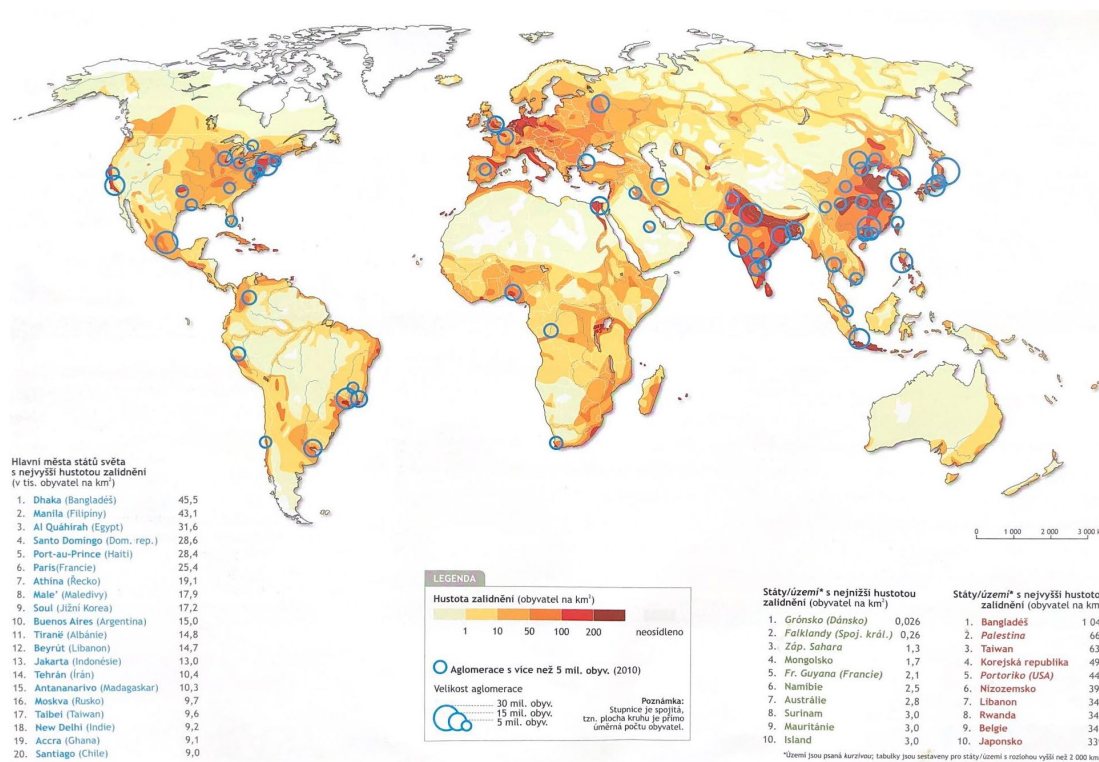
Obrázek 13: Izochrony – izopleťická mapa časové dostupnosti ZZS [12]

2.6 Metoda dasymetrická

Cílem dasymetrické metody je zobrazit relativní kvantitativní data. Metoda je alternativou ke kartogramu, je ale vhodnější pro zobrazení jevu, který není tak pevně vázán na administrativní jednotky a je nespojitý v rámci mapovaného území [2]. Používá plošného symbolu k vizualizaci oblastí se stejným výskytem jevu, na rozdíl od kartogramu se ale tyto oblasti nemusí shodovat s administrativními jednotkami (a často právě neshodují). Hranice územních jednotek jsou stanoveny až na základě prostorové analýzy rozložení sledovaného jevu, a to tak, aby výsledné jednotky obsahovaly co nejpodobnější hodnoty jevu [9]. Mohou být identifikovány a z vizualizace vynechány oblasti, u nichž je jisté, že se v nich daný jev nevyskytuje, např. pro zobrazení hustoty zalidnění by to byly vodní plochy, lesy, bažiny atp.

Hranice územních jednotek lze určit z bodově lokalizovaných dat, ze kterých se vypočte rastr hustoty jevu, čímž jsou hranice stanoveny, jiný přístup vyžaduje dva statistické údaje vztažené k administrativním jednotkám – hodnoty zobrazovaného jevu a údaj o jeho rozložení v prostoru.

Dasymetrická metoda patří mezi ty méně využívané, i tak se ale v některých atlasech vyskytuje, např. viz obr. 14.



Obrázek 14: Dasymetrická metoda – hustota zalidnění [13]

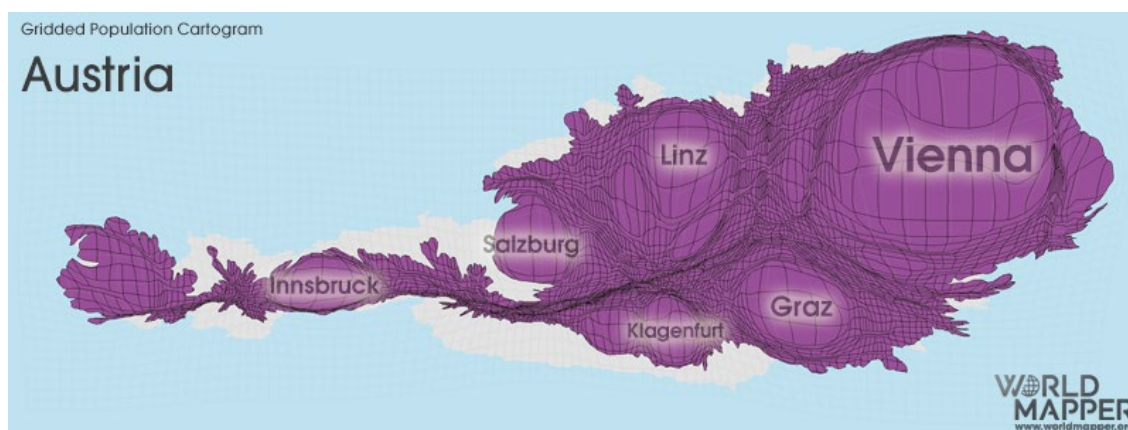
2.7 Kartografická anamorfóza

Kartografická anamorfóza stojí na pomezí mezi tradičními a novými metodami tematické kartografie. Vzhledem k tomu, že jsou principy její konstrukce známy již dlouho, je zde zařazena mezi metody tradiční.

Metoda anamorfózy se svým provedením od ostatních kartografických metod výrazně odlišuje. Jak uvádí Kaňok [1], základem každé anamorfózy je zvýraznění tematického obsahu mapy, v důsledku čehož dochází ke geometrické přeměně celé kostry mapy (deformace vybraného parametru jevu, např. plochy, délky, úhlu). To činí metodu vizuálně přitažlivou a zároveň pro uživatele snadno čitelnou, protože prezentovaný tematický obsah je z mapy jasně patrný a rozpoznatelný [7]. V českých atlasech jsou ale užívané minimálně.

Dvěma základními druhy anamorfóz jsou radiální (kruhová) a neradiální (ekvivalentní plošná nebo také obecná), na pomezí mezi nimi stojí osová anamorfóza.

Při radiální anamorfóze se velikost zobrazovaného jevu znázorňuje jeho vzdáleností od zvoleného centrického bodu pomocí soustředných kružnic (např. mapy časové dostupnosti). V případě neradiální anamorfózy odpovídají velikosti mapovaného jevu plochy územních celků, které by v ideálním případě měly zachovat topologii. Nejčastěji používaným algoritmem pro jejich tvorbu je Gastner-Newmanův algoritmus.



Obrázek 15: Souvislá neradiální anamorfóza (Gastner-Newman cartogram) – počet obyvatel Rakouska [21]

3 Netradiční metody v tematické kartografii

V rámci historického vývoje metod tematické kartografie neexistuje žádné konkrétní období, jenž by oddělovalo, jaké metody mohou být považovány za „staré“, a které za „nové“. Stejně tak nelze jednoznačně určit, jaké podmínky musí metoda splňovat, aby byla označena za moderní.

Netradiční, nové, anebo moderní vizualizační metody – to vše jsou termíny, kterými lze souhrnně označit metody, jaké nejsou používány např. v současné atlasové tvorbě tak hojně, jako metody popsané v předešlé kapitole.

Dále uvedené metody rozhodně nepředstavují kompletní výčet všech neobvyklých metod a způsobů vizualizace v tematické kartografii. Výběr netradičních metod se v této práci řídí do určité míry heslem „old is new again“ [5]. Jednotlivé způsoby vizualizace statistických dat, především grafy, diagramy a tabulky, nejsou ničím výhradně moderním, naopak se objevují ve statistických atlasech již zhruba od druhé poloviny 19. století. Jedním takovým příkladem může být statistický atlas *Album de statistique graphique*, jehož autorem je francouzský inženýr Émile Cheysson.

V případě moderní kartografie lze pak právě tyto, ač v podstatě známé metody, považovat nyní za nové, jelikož jejich konstrukce je výrazně zjednodušena použitím odpovídajícího softwaru a grafických programů, což zvyšuje jejich potenciál na budoucí častější užití. Subjektivně lze také říci, že vybrané metody jsou vizuálně atraktivní a poskytují na zobrazované jevy unikátní pohled. Hlavní funkcí mapy je ale stále efektivní předání informace jejímu čtenáři, a proto se definuje tzv. informační hodnota mapy, jež souvisí s teorií kartografických znaků [1].

Informační hodnota mapy, což je objem a kvalita sdělovaných informací, odpovídá volbě, množství a umístění kartografických znaků do mapy [1]. Pokud by se tato definice vztáhla na vizualizační metodu tematické kartografie, pak se jedná o množství informací, které je prezentováno metodou bez nutnosti použití některé doplňkové metody.

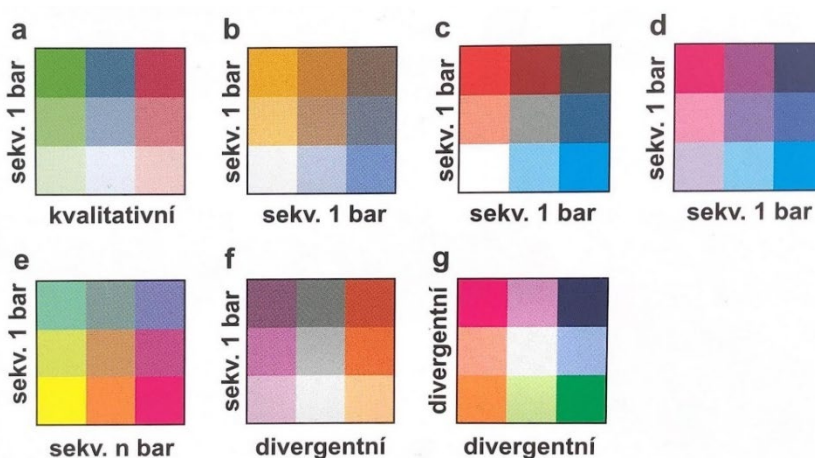
3.1 Multivariantní kartogramy

Na úvod je nutné zmínit, že samotná myšlenka znázorňování více proměnných v jedné metodě najednou není nic nového, například v případě metody bodových znaků se uplatňuje velmi často, když znak nese jednu informaci o jevu ve své velikosti a druhou ve své výplni. Metody pro vyjádření více proměnných bývají anglicky označovány jako technika multivariate mapping, následující metody jsou ve své podstatě variantou složeného kartogramu. Od složeného kartogramu se ale liší způsobem tvorby použité stupnice.

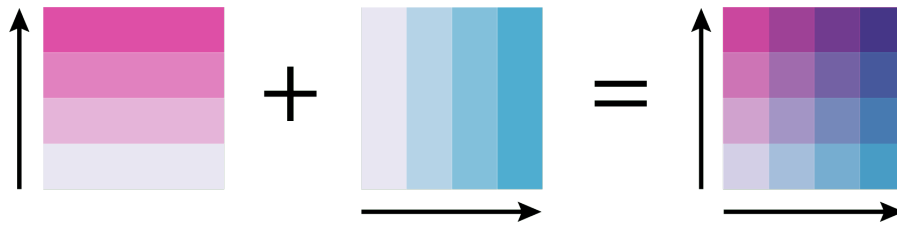
3.1.1 Bivariantní a trivariantní kartogram

Znázornění více proměnných do mapy se podle Bláhy [7] uplatňuje v případech, kdy chceme v mapě jednotlivé proměnné (charakteristiky jevu) snadněji srovnat a zjistit jejich vzájemné závislosti. Multivariantní kartogram může pomoci zodpovědět otázky, jenž se často řeší při mapování socioekonomických jevů, například jestli vysoká hodnota proměnné A znamená automaticky i vysokou hodnotu proměnné B.

Jednou z možností, jak docílit rozšíření kartogramu o druhou proměnnou, je přidání další grafické proměnné do již použitého kartografického znaku, nebo vytvořit různá barevná schémata, viz obr. 16 a obr. 17. Při tvorbě těchto schémat je však nutné respektovat stejné zásady, jako při tvorbě jakékoli jiné barevné stupnice, především to, že s narůstající hodnotou jevu musí růst i intenzita odstínu barvy a všechny barvy ve schématu musí být navzájem rozlišitelné.



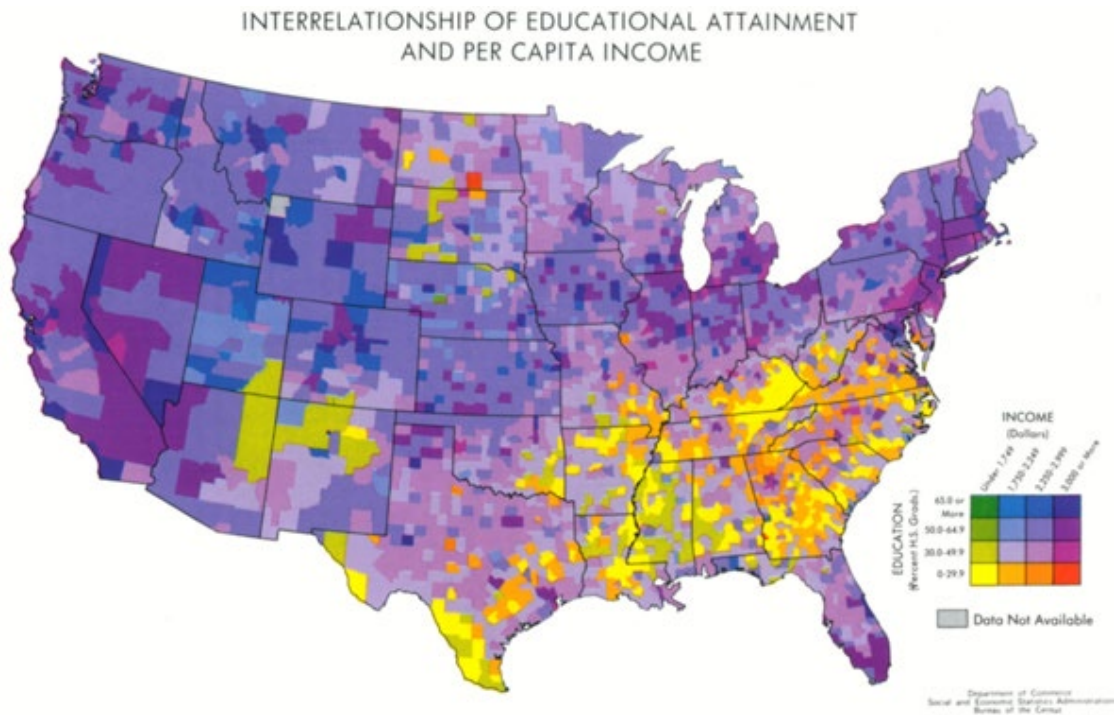
Obrázek 16: Barevná schémata pro vyjádření více proměnných [1]



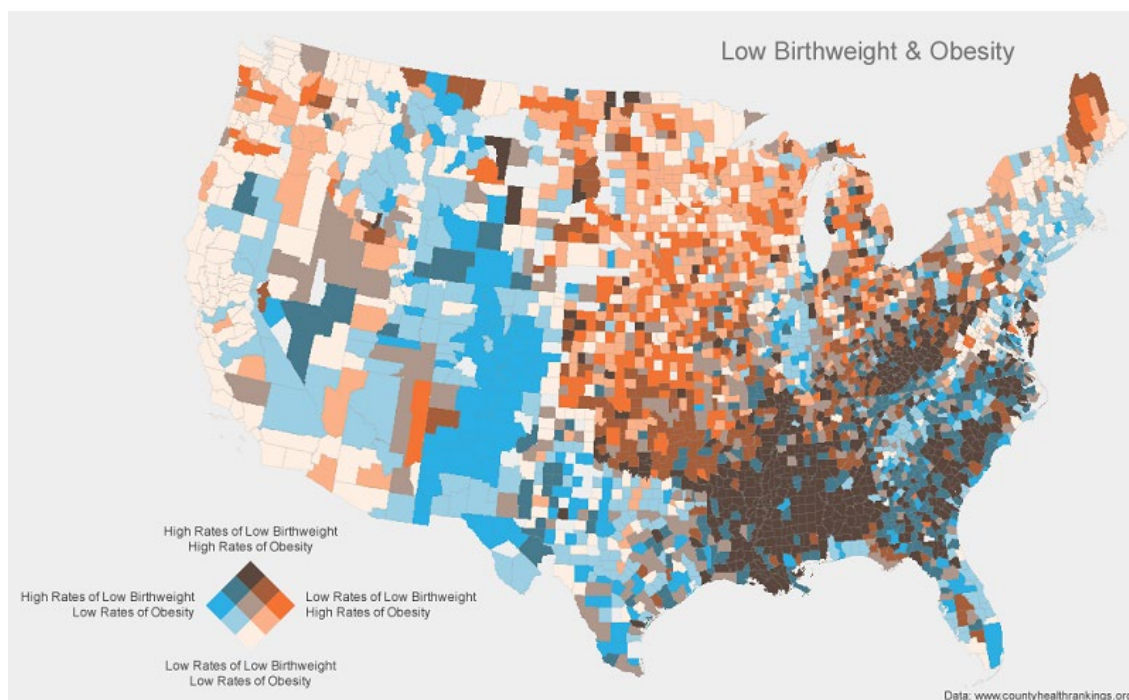
Obrázek 17: Tvorba barevného schématu pro bivariantní kartogram. [22]

Nejčastější formou je bivariantní kartogram, tedy kartogram zobrazující dvě charakteristiky území. Existuje také varianta se třemi proměnnými, trivariantní kartogram, která je ale konstruována jen zřídka.

Metoda bivariantního kartogramu se poprvé objevila v 70. letech 20. století v atlase vydaném United States Census Bureau (Americký úřad pro sčítání lidu), příklad mapy z atlasu je uveden na obr. 18. Na obr. 19 se nachází další příklad aplikace této metody, mapa zobrazuje vztahy mezi nízkou porodní váhou a následným vyšším rizikem obezity v pozdějším věku.



Obrázek 18: Bivariantní kartogram – vztah výše příjmu a dosaž. vzdělání [36]



Obrázek 19: Bivariantní kartogram – vztah obezity a nízké porodní váhy [23]

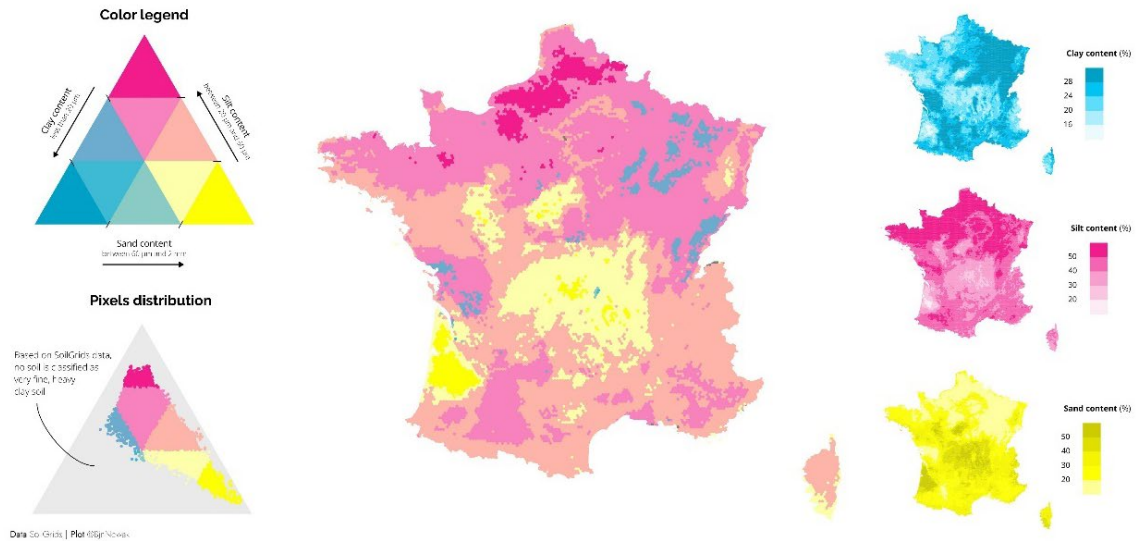
Největším úskalím při tvorbě multivariantních kartogramů je správná volba dat. Stupnici s více proměnnými lze teoreticky vytvořit pro jakékoli jevy znázornitelné v běžném jednoduchém kartogramu, zde je ale nutné, aby mezi sebou znázorňované jevy alespoň částečně a logicky souvisely a výsledná mapa tak lépe odhalila vztahy mezi nimi. Příklady jevů, jejichž vzájemné závislosti se zobrazují, se často týkají zdraví (spotřeba alkoholu nebo cigaret a související onemocnění, pohybová aktivita a náchylnost k obezitě), případně socioekonomické ukazatele (výše příjmů a vlastnictví nemovitostí).

Pro svou aplikaci vyžaduje metoda stejný druh vstupních dat jako jednoduchý kartogram, konkrétně dvě nebo tři sady relativních hodnot přepočtených na zvolené územní jednotky stejné podrobnosti (tzn. nelze do jedné mapy zkombinovat data uvedená pro kraje a pro okresy zároveň).

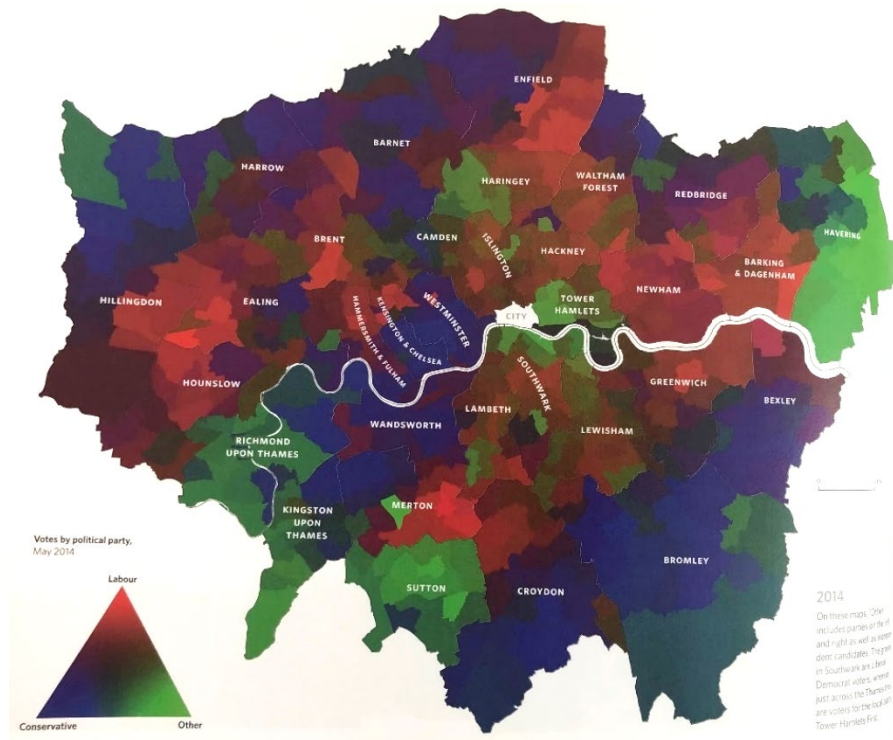
Trivariantní kartogram by měl podle Slocuma [2] v ideálním případě být použit pouze pro jevy, které dohromady tvoří 100 % celku, např. zrnitost půdy (složky půdy – hlína, jíl, písek), viz obr. 20, nebo podíl volebních hlasů podle politických stran. Pro tyto případy se nabízí několik možností, jak sestavit barevnou škálu se třemi vrcholy. Dobrým příkladem je použití barev modelu CMY, tedy azurové, purpurové, žluté a jejich vzájemných kombinací, případně modelu RGB, viz obr. 21.

DIGITAL MAPPING OF SOIL TEXTURE

The texture of a soil is estimated according to the size of its elementary particles: **clay**, **silt** and **sand** (from the smallest to the biggest). Digital maps of these features, like SoilGrids, are now available. If these maps can be relevant to carry out a relative classification of the territories, they do not seem to be precise enough to evaluate the exact soil textures, as shown by the under estimation of the clay soil in France on the maps below

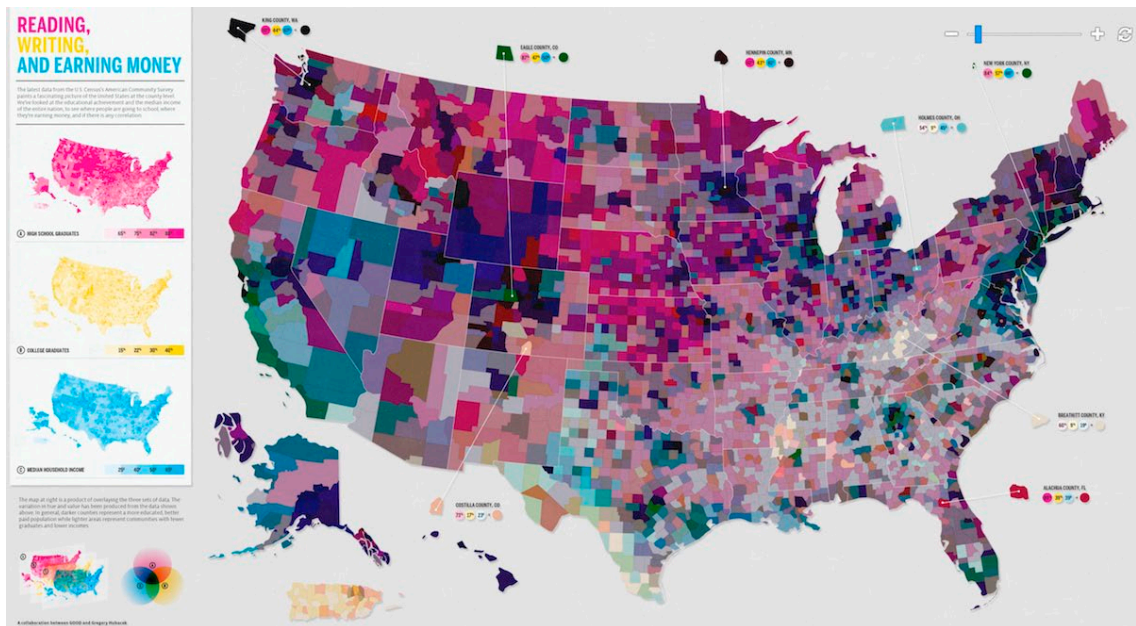


Obrázek 20: Složky zrnitosti půdy – trivariantní kartogram [15]



Obrázek 21: Trivariantní kartogram – podíl voličů politických stran ve volebních obvodech, Londýn 2014 [14]

Pro bivariantní i trivariantní kartogram je použití spojitého barevného schématu spíše nevhodné, pro více proměnných vytváří škála nepřehledné množství kombinací barev, a z výsledné mapy tak není téměř možné odečíst konkrétní hodnotu jevu pro danou územní jednotku, viz obr. 22.



Obrázek 22: Trivariantní kartogram – spojitě barevné schéma modelu CMY [24]

Multivariantní kartogramy jsou rozhodně složitější na interpretaci, což může být důvodem, proč se např. ve školních atlasech nevyskytují. Zároveň mají poměrně omezené možnosti využití – do jednoduchého kartogramu lze snadněji promítnout vybraný jev bez nutnosti hlubší analýzy, zde je nutné data vybírat pečlivěji. Nevýhodou metody je fakt, že z výsledné legendy nejsou patrné jednotlivé hodnoty intervalů proměnných, ale pouze jejich vzájemný vztah. Informační hodnota multivariantních kartogramů je ale určitě vyšší, neboť tyto mapy čtenáři umožňují napřímo zjistit vztahy mezi dvěma nebo třemi charakteristikami území bez toho, aniž by musel používat map vícero.

3.1.2 Value-by-alpha kartogram

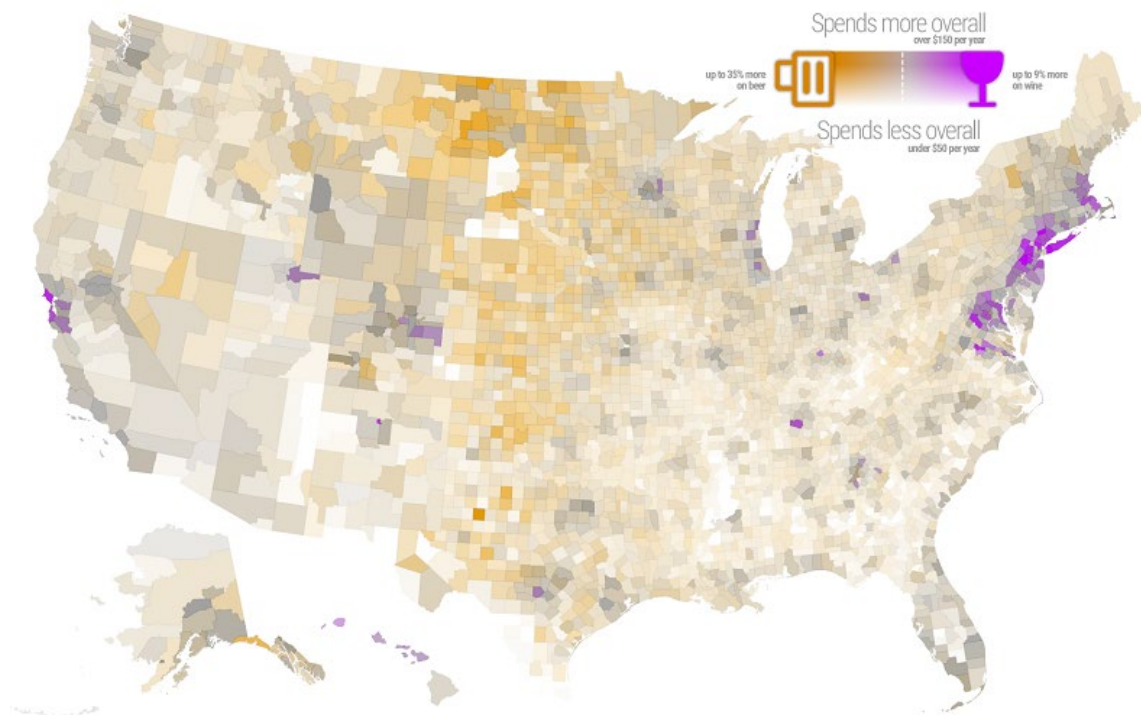
Value-by-alpha mapa (metoda), je zvláštní forma složeného kartogramu. Představuje způsob, jak do tradičního kartogramu zakomponovat druhou vrstvu dat ve formě kanálu alfa. Metoda využívá kombinace dvou vrstev, v tomto případě se jedná o vrstvy tematickou a normalizační (alfa kanál). Česky by se metoda dle Miklína [6] dala nazvat jako průhlednostní normalizovaný kartogram. Použití metody bylo poprvé popsáno teprve v roce 2010 ve vědeckém článku, jehož autory jsou Roth, Woodruff a Johnson [37], metodu lze tedy považovat za moderní. Samotná technika normalizace tematické vrstvy je zde popsána jako varianta a alternativa kartografické anamorfózy, jež je aplikována na kartogram.

Tematická vrstva obsahuje informaci o zájmovém jevu, normalizační vrstva pak data o jevu použitým pro vyjádření váhy daného územního celku v kartogramu, čímž představuje právě onu vrstvu průhlednosti, která „překrývá“ tu tematickou. Jinými slovy, normalizační vrstva podmiňuje kartogram a nechává v něm lépe vyniknout vztahy mezi těmito dvěma vrstvami. Prakticky je normalizační vrstva realizována intervalovou nebo spojitou stupnicí černé nebo bílé barvy, jež překrývá původní kartogram, čímž vzniká v barevné stupnici originálního kartogramu několik dalších intervalů. Teoreticky lze použít i jakoukoli jinou barvu kromě bílé a černé, tím by ale v mapě nelogicky vznikaly matoucí odstíny barev a stupnice by ztratila na přehlednosti.

Některé územní celky jsou vlivem normalizace (zprůhlednění) potlačeny a některé naopak zdůrazněny, což může uživateli ztížit čtení value-by-alpha mapy, zároveň je to ovšem podstata metody. Zdůraznění naproti tomu dává na první pohled jasnou informaci o tom, které oblasti jsou ty „důležitější“, s větším vlivem.

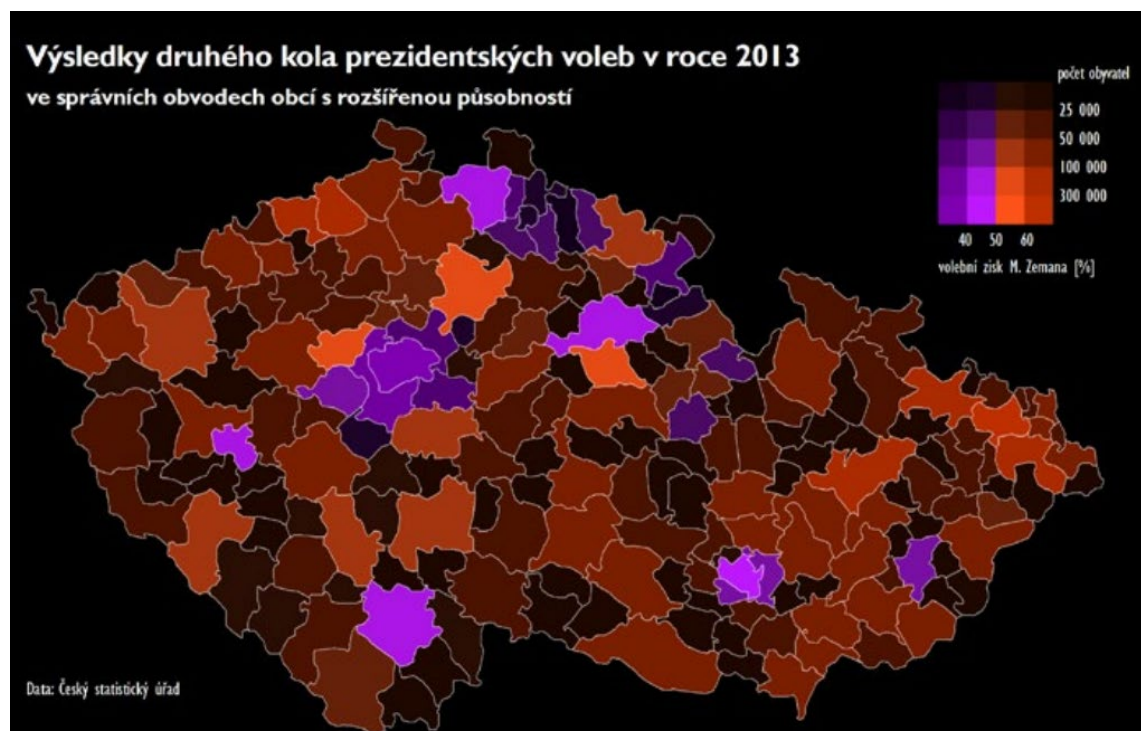
Dle Miklína [6] je použití této metody vhodné pro data nepřečtená na plochu, tedy pro stejná data jako pro nepravý kartogram, například pro procentní výsledky voleb dle volebních okrsků. Tato nepřečtená data mohou být normalizována např. vrstvou obsahující počty obyvatel za dané volební okrsky [6], čímž v mapě snadněji vyniknou oblasti mající na celkový výsledek větší vliv vzhledem k počtu obyvatel.

Na obr. 23 je uveden příklad value-by-alpha kartogramu s divergentní barevnou stupnicí. V tematické vrstvě jsou zde údaje o útratách za pivo a víno na osobu, normalizační vrstva, která je reprezentovaná bílou barvou, obsahuje údaj o celkové útratě.



Obrázek 23: Value-by-alpha kartogram – útrata za alkohol na osobu [23]

Na obr. 24 je znázorněn příklad použití intervalové stupnice a černé barvy v normalizační vrstvě. Volba černého pozadí celé mapy je zde mírně nevhodná, jelikož ztěžuje čitelnost mapy, a především její legendy.



Obrázek 24: Value-by-alpha kartogram – volební výsledky [6]

3.2 Varianty kartodiagramu

3.2.1 Waffle grid map

Metoda waffle grid (waffle chart map), která nemá zatím v češtině svůj zažitý název, je nevšední variantou kartodiagramu. Název vychází z její podobnosti s mřížkou klasické vafle [5]. Svou podstatou se nejvíce podobá segmentovému kartodiagramu, respektive se jedná o jeho variantu. Segmentový kartodiagram dle [1] předkládá statistické údaje v segmentech uspořádaných do pravidelných geometrických obrazců, typicky řádků, čtverců nebo obdélníků, waffle grid nabývá čtvercové podoby. Tyto obrazce mohou být vztaženy k plochám nebo bodům (např. údaje za státy nebo města). Jedná se o kartodiagram, což jasně značí, že pro jeho sestavení je nezbytné vycházet ze statistických údajů.

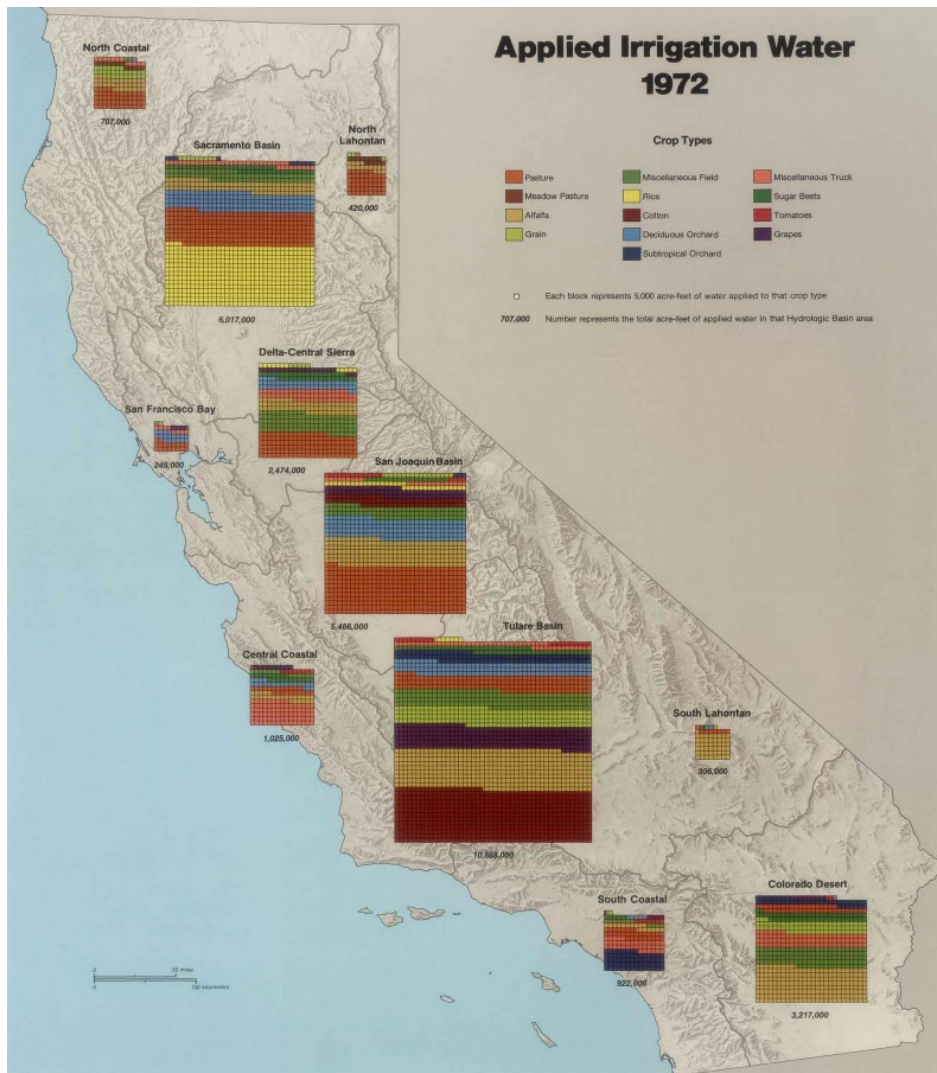
Metoda v segmentech zobrazuje množství kategorií určitého jevu, každá kategorie je pro vztažné území reprezentována určitým počtem segmentů, které mohou mít přiřazenou stejnou nebo různou hodnotu (obecně varianta kartodiagramu) v závislosti na objemu datového souboru. V případě metody waffle grid jeden segment představuje pevný počet hodnoty jevu (např. 1 segment = 1000 osob). Tímto způsobem ve výsledné mapě vznikají různé velké mřížky („vafle“) pro jednotlivá území, což umožňuje jejich velmi snadné srovnání a na první pohled jasnou představu o rozložení a hodnotách jevu napříč prostorem [5]. Součtem segmentů je pak možné získat celkovou hodnotu jevu pro konkrétní bod nebo plochu. Hodnota přiřazená jednomu segmentu by měla být zaokrouhlené a relativně malé číslo, přičemž volba vždy záleží na velikosti datasetu.

Výhoda metody spočívá ve snadném vnímání celkového počtu segmentů a jejich případném spočítání, čímž se odlišuje například od strukturního kartodiagramu, v němž je náročnější odhadnout přesnou plochu výseče.

Metodě se vizuálně podobá plošný strukturní kartodiagram užívaný např. v ekonomii, tzv. procentuální čtverec [1], jenž se ale odlišuje tím, že prezentuje procenta, nikoli absolutní hodnoty. Všechny diagramy v mapě mají stejnou velikost a představují 100 %, ale hodnoty segmentů jednotlivých diagramů se od sebe navzájem liší.

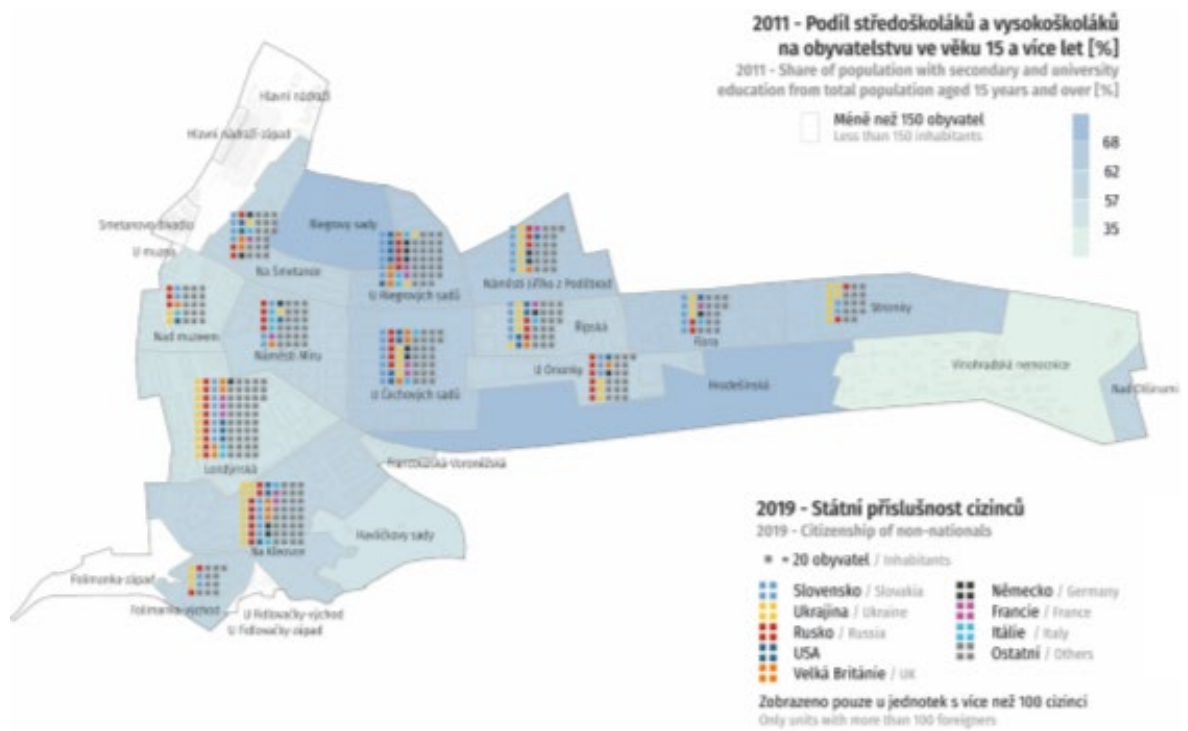
Pravděpodobně ne první, ale jedno ze starších použití této metody je zaznamenáno v The California Water Atlas z roku 1979, viz obr. 25.

Diagramy zde mapují množství vody potřebné k zavlažování jednotlivých druhů plodin.

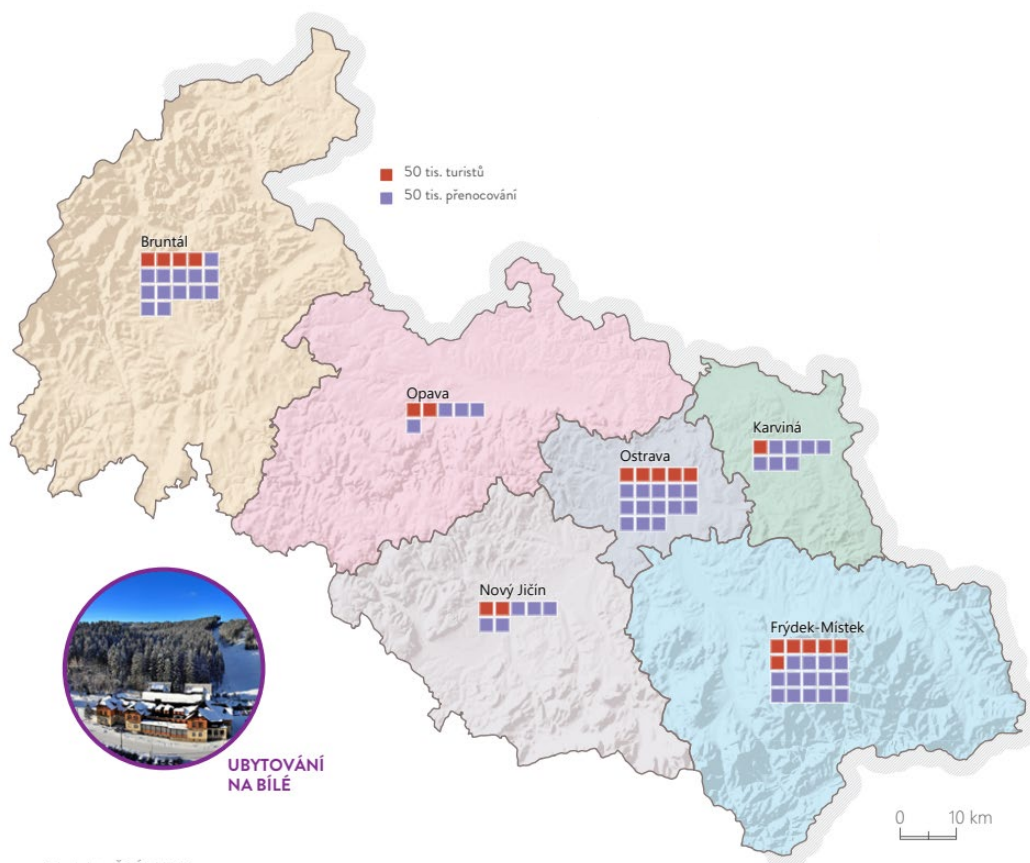


Obrázek 25: Metoda waffle grid – množství vody potřebné k zavlažování [44]

Další příklady metody waffle grid jsou uvedeny na obr. 26 a obr. 27. Obě ukázky jsou vhodnou aplikací metody, první pomocí ní zobrazuje počty cizinců žijících v městské části Vinohrady v Praze, druhá pak počty přenocování turistů v ubytovacích zařízeních v Moravskoslezském kraji za rok 2019. Z obou map je na první pohled patrné zastoupení kategorií znázorněného jevu za příslušnou jednotku i jejich přibližný počet.



Obrázek 26: Metoda waffle grid – počty cizinců žijících na Vinohradech [29]

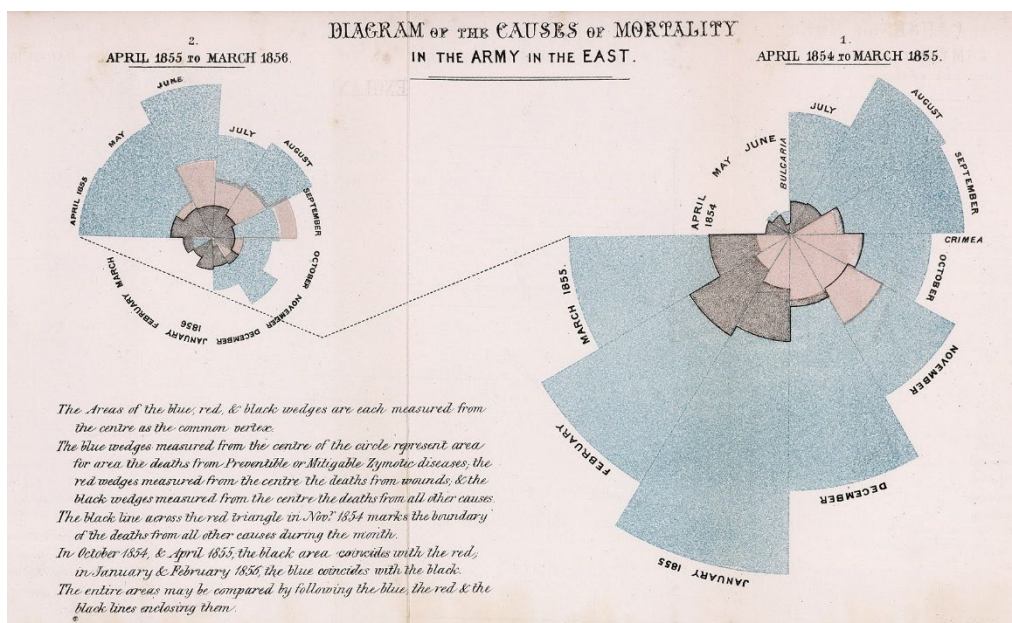


Obrázek 27: Metoda waffle grid – turist. návštěvy Moravskoslezského kraje [12]

3.2.2 Coxcomb diagram map

Takzvaný coxcomb diagram (polar area chart nebo rose chart), česky je asi nejbližší termín polární graf, je forma strukturního kartodiagramu. Klasický strukturní diagram, který nejčastěji nabývá kruhového tvaru, se vyznačuje tím, že poloměry všech jeho výsečí jsou stejné a rozhodujícím parametrem pro velikost dílčího poměru je délka odpovídajícího kruhového oblouku (velikost středového úhlu) [1]. Coxcomb diagram má naproti tomu všechny výseče poměrově stejně velké, výseče se ale liší v délce poloměrů.

Jeden z prvních záznamů použití tohoto typu diagramu je již z roku 1858 od Florence Nightingale, viz obr. 28. Coxcomb diagram je příkladem metody pro zachycení statistických dat, a stejně jako další grafy či diagramy používané ve statistice (celá myšlenka kartodiagramu) byl tento diagram modernizován a nyní ho lze využít přímo v prostředí GIS [5].



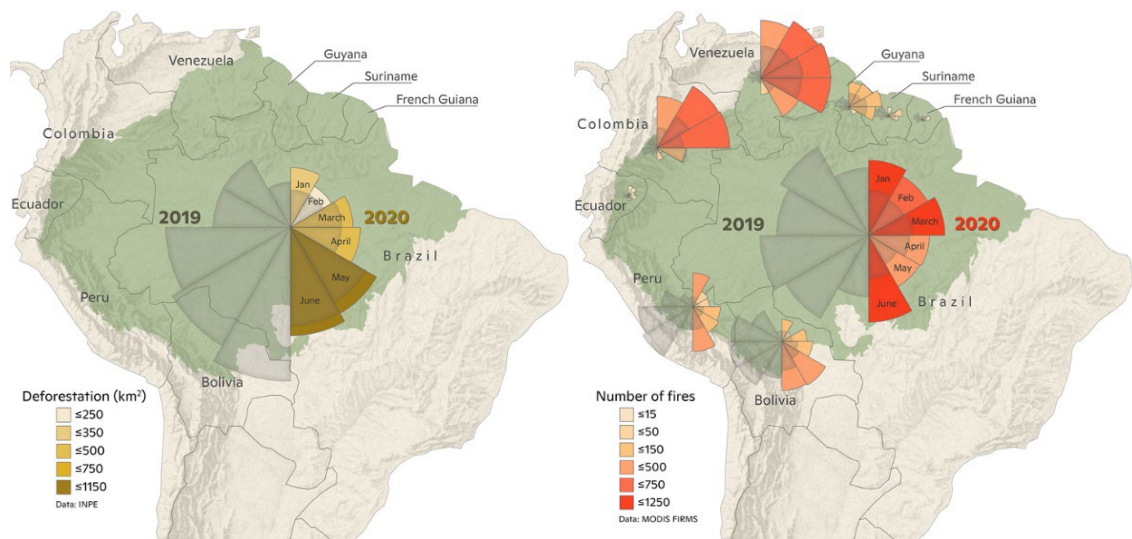
Obrázek 28: Coxcomb diagram – úmrtnost vojáků za jednotlivé měsíce roku – Florence Nightingale [35]

Metoda je vhodná pro znázornění hodnot časových řad jevů, kdy diagram může být rozdělen například na 12 segmentů a každý segment (výseč) představuje pak 1 měsíc v roce. Zároveň může být v diagramu zobrazeno více kategorií pro každý segment najednou.

Coxcomb diagram je příkladem metody, která má poměrně velký potenciál být v budoucnu více využívána především ve webové kartografii – znázornění více datasetů za jednotlivá časová období lze efektivně propojit s animací. Příklad její aplikace je uveden na obr. 29, jsou zde znázorněny

údaje o počtu požárů a postupující deforestaci Amazonského pralesa. V těchto mapách se překrývají dva diagramy, pro roky 2019 a 2020, lze tedy už na první pohled vidět srovnání hodnot pro jednotlivé jevy a měsíce. Výšeče jsou navíc vhodně barevně symbolizované.

Informační hodnota metody je poměrně vysoká, v jednom symbolu (diagramu) lze naráz zobrazit několik kategorií dat a zároveň data za vícero časových úseků. Čtení symbolu je intuitivní, segmenty jsou seřazeny po směru hodinových ručiček s počátkem na dvanácté hodině.



Obrázek 29: Metoda coxcomb diagram – počet požárů a vykáčená plocha v Amazonii [16]

3.3 Metoda gridu

Metoda gridu (polygonové sítě či mřížky) je forma areálové metody. Pravidelná mřížka s buňkami určitého geometrického tvaru, nejčastěji šestiúhelníku, čtyřúhelníku nebo trojúhelníku, překryje a rozdělí zájmové území, čímž zanedbá a zjednoduší původní hranice geografických (administrativních) jednotek. Jednotky mřížky – buňky – mají všechny stejnou velikost, čímž mezi sebou umožňují snadné srovnání hodnot mapovaného jevu, protože se svou velikostí jeví uživateli všechny jako stejně důležité. Metoda je tedy vhodná pro zobrazení jevů, které jsou běžně vykazovány za administrativní jednotky a znázorňují se pomocí metody plošných znaků nebo kartodiagramu. Ne vždy je žádoucí se striktně držet administrativních hranic, a tento problém řeší pravidelná mřížka. Velikost buňky je možné libovolně volit, musí tak ale být činěno v souladu s celkovou plochou a celkovým rozsahem znázorňovaného území, podrobností vstupních dat a tak, aby nezanikla předávaná informace.

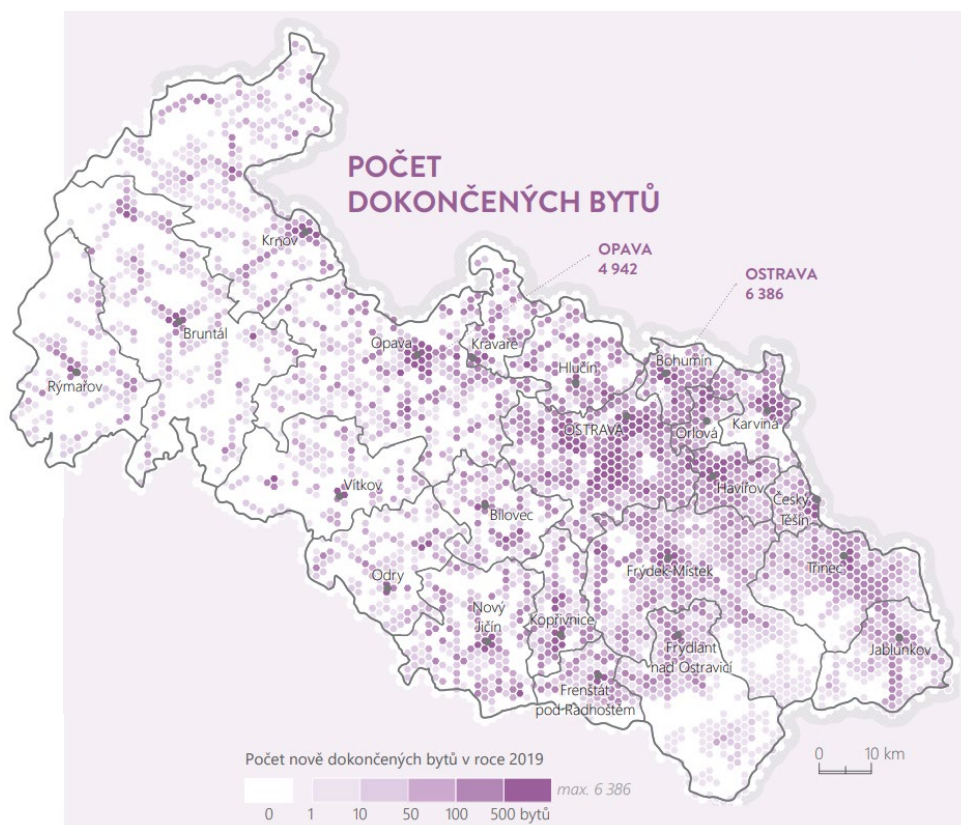
Anglicky je metoda nazývána binning, a vzhledem k nejčastějšímu použití šestiúhelníkového tvaru buňky je zažitý i název hexbin map. Samotná technika binning (hexagonal binning) byla v souvislosti s analýzou objemných datových souborů poprvé popsána v roce 1987 [41].

Metodu lze nejlépe aplikovat na bodově lokalizovaná kvantitativní data pro znázornění jejich hustoty. Polygonová mřížka překryje bodovou vrstvu a body poté lze do mřížky na základě jejich polohy agregovat a jejich absolutní počet (nebo jinou statistiku, např. jejich průměrný počet) v každé buňce následně zobrazit pomocí kvantitativní (barevné, šrafované) stupnice aplikované na ony geometrické areály (mřížku).

Druhou možností použití gridu je disagregace hodnot jevu do mřížky z původně větších územních jednotek (polygonová vrstva) do cílových menších jednotek (buňky gridu o malé velikosti). Disagregace je metoda analytická, na provedení náročnější a přináší jen přibližné výsledky [3].

Platí zde přímá úměrnost – čím menší velikost buňky, tím lepší reprezentace rozložení jevu v prostoru. S tím souvisí volba velikosti buňky v závislosti na podrobnosti mapovaného jevu – nejpřesnější výstupy poskytne objemný dataset bodových nebo polygonových dat agregovaný do přiměřeně podrobné mřížky, metoda dokáže vhodně prezentovat právě objemná data.

Příklad aplikace metody gridu s použitím buněk šestiúhelníkového tvaru je uveden na obr. 30. Hexagony zde pokrývají území Moravskoslezského kraje, kde každá buňka obsahuje informaci o počtu dokončených bytů v dané oblasti. Možným negativem mapy je neuvedení plošné velikosti jedné buňky, jež pouze z měřítka mapy nemusí být snadno odhadnutelná. Zároveň se ale nejedná o informaci, která v mapě musí být nutně uvedena. Metoda sice obecně nerespektuje administrativní hranice okresů, zde jsou však v mapě pro větší přehlednost doplněny.

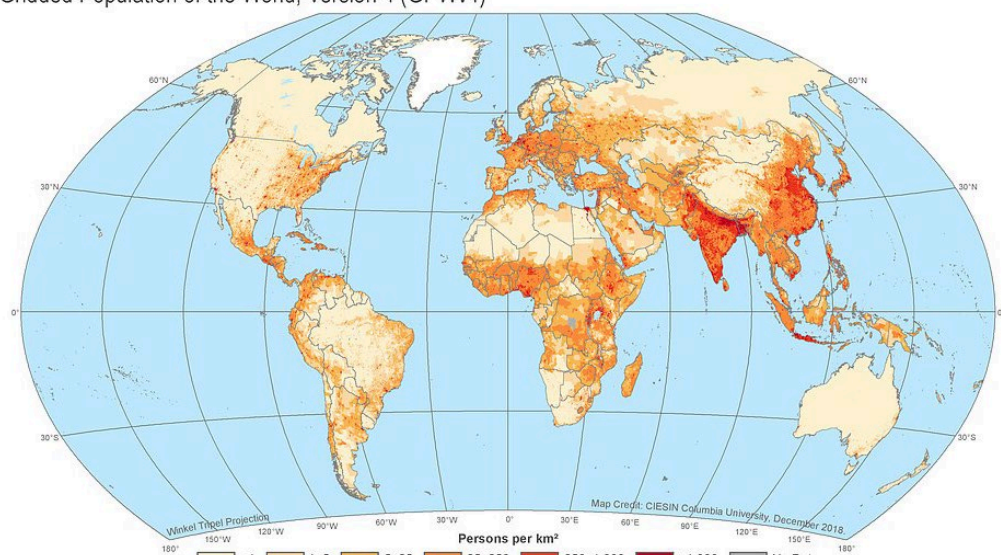


Obrázek 30: Metoda gridu – počet dokončených bytů v roce 2019 [12]

Dalším příkladem je tematická mapa obsahující velmi jemný grid a zobrazující hustotu zalidnění, viz obr. 31.

UN WPP-Adjusted Population Density, v4.11, 2020

Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4)



Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4) Population Density Adjusted to Match 2015 Revision of UN WPP Country Totals, Revision 11 consists of estimates of human population density based on counts consistent with national censuses and population registers with respect to relative spatial distribution, but adjusted to match the 2015 Revision of UN World Population Prospects country totals for the years 2000, 2005, 2010, 2015, and 2020. A proportional allocation gridding algorithm, utilizing approximately 13.5 million national and sub-national administrative units, is used to assign adjusted population counts to 30 arc-second (approximately 1 km at the equator) pixels. The adjusted population count rasters are divided by the land area raster to produce adjusted population density rasters with pixel values representing persons per square kilometer.

Obrázek 31: Metoda gridu – hustota zalidnění [27]

3.4 Metoda intenzity jevu (heat-map)

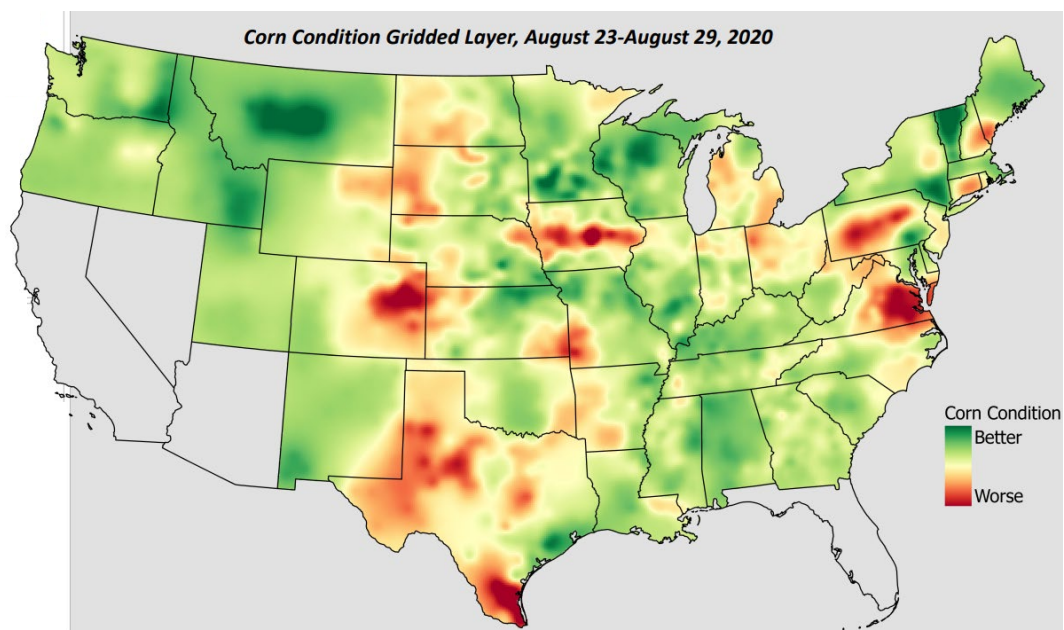
Metodu intenzity jevu, anglicky heat-map, lze uplatnit pro bodové nebo liniové prostorově lokalizované prvky, které jsou napříč územím rozmístěny nepravidelně. Jejím cílem je zobrazit hustotu jevu nebo intenzitu konkrétního atributu objektu v prostoru. Metoda pro znázornění dat využívá plynulé barevné schéma, přičemž výsledného znázornění je dosaženo interpolací bodových dat do spojitého povrchu hustoty bodů. Každý z bodů má určitý vliv na všechny ostatní body v datasetu, viz kapitola 4.7.

Stejně jako naprostá většina přírodních jevů, i tato metoda je nezávislá na geografických hranicích a je vhodná pro kvantitativní data, u kterých ale není cílem odečítat jejich konkrétní hodnoty.

Pokud správně sestrojena, je metoda velmi intuitivní a poskytuje jasnou představu o hustotě a výskytu mapovaného jevu v prostoru. Její nevýhodou je nemožnost vyčíst z mapy přesné hodnoty jevu, čímž částečně klesá její informační hodnota. V porovnání s ostatními metodami hraje při její interpretaci výraznější roli subjektivita. S výhodou však slouží jako metoda náhledová pro zjištění maximálních nebo minimálních hotspotů [3].

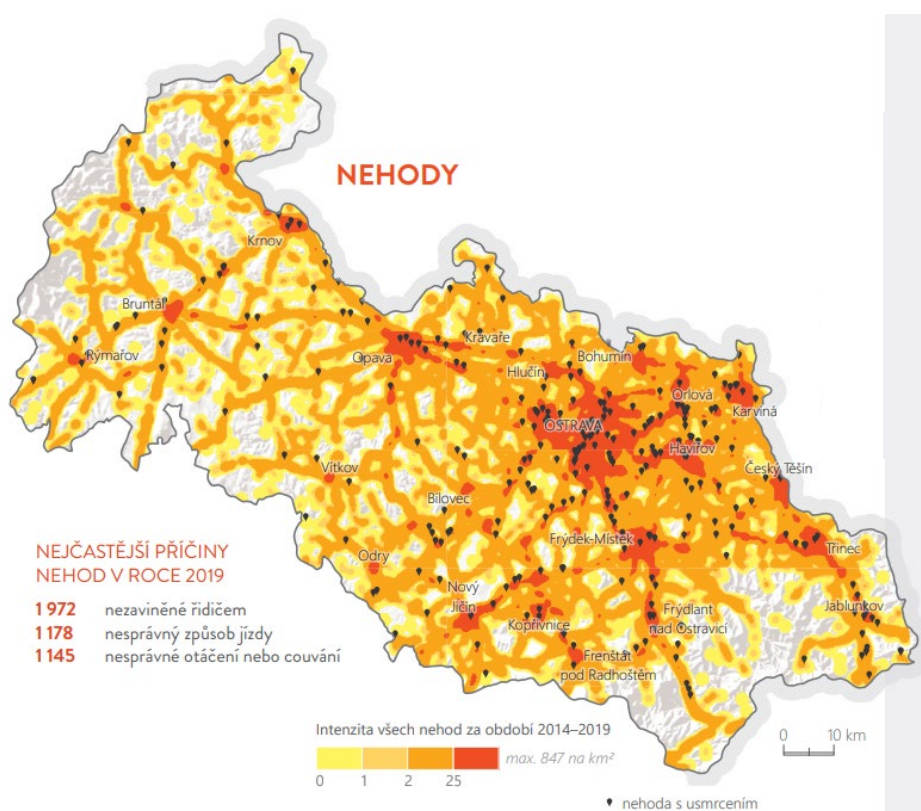
Metoda heat-map je typickým příkladem nové metody, jež by byla bez použití nástrojů GIS jen těžko proveditelná. Termín heat-map poprvé použil v roce 1991 Kinney v souvislosti se zobrazováním informací z finančního trhu [40], do kontextu GIS se metoda dostala až na přelomu tisíciletí s rozvojem výpočetní techniky a implementací statistických nástrojů. Heat-map využívá statistického algoritmu odhadu hustoty jádra (Kernel Density Estimation), viz kapitola 4.6.

Metodu heat-map lze dobře kombinovat s liniovými nebo bodovými znaky, použití jiných metod by vedlo k nepřehlednosti výsledné mapy. Obr. 32 uvádí příklad metody heat-map pro bodové prvky. Mapa zde zobrazuje pomocí vhodně zvolené teplotní barevné stupnice oblasti napříč kontinentálními Spojenými státy americkými, ve kterých došlo vlivem počasí k poškození plodin, což ovlivnilo jejich sklizeň.



Obrázek 32: Metoda heat-map aplikovaná na bodové prvky – kvalita plodin napříč USA [28]

Na obr. 33 je uveden příklad heat-mapy pro liniové prvky, kdy je pro jednotlivé úseky silnic v Moravskoslezském kraji zobrazena intenzita dopravních nehod, která je vypočtená z jejich absolutních hodnot.



Obrázek 33: Metoda heat-map aplikovaná na liniové prvky – intenzita dopravních nehod za silniční úseky [12]

3.5 Joy plot

Pokud u výše popisovaných metod nebylo jednoznačné, zda patří mezi nové a nevšední vizualizační metody, o metodě joy plot to konstatovat lze.

Joy plot, někdy také nazývaný ridgeline plot, je velmi specifická vizualizační metoda. Název metody je přeneseně odvozen od designu obalu desky kapely Joy Division, na kterém je interpretován záznam rádiových vln pulsaru z roku 1970 [42]. Metoda svým vzhledem může připomínat průběh hřbetnice v pohoří. Jedná se o sérii částečně se překrývajících liniových grafů [5].

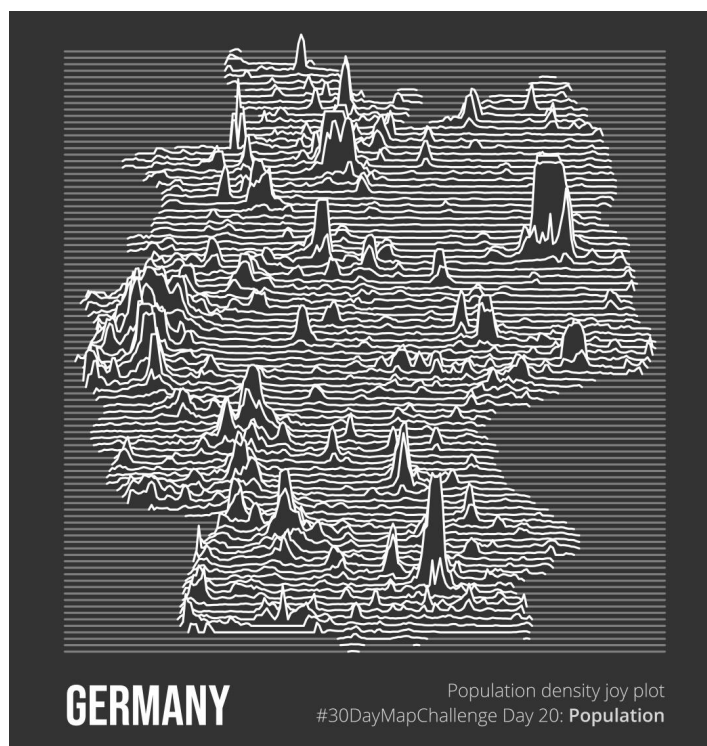
Samotný graf je možné použít na data měnící se v čase nebo napříč prostorem, kde každá linie v grafu má určitý průběh v závislosti na hodnotách zobrazovaného jevu. Linie lze vytvořit například z rastru digitálního modelu terénu. V tematické kartografii metodu lze použít pro zobrazení kvantitativních dat, například pro hustotu obyvatelstva nebo nadmořskou výšku v daném území (teoreticky jde o alternativu k metodě izolinií). Příklady využití jsou na obr. 34 a obr. 35.

Metoda poskytuje dobrou představu o rozložení hodnot zobrazovaného jevu v prostoru, její očividnou nevýhodou je ale nemožnost odečtení absolutních hodnot z výsledné mapy. Dalším negativem je nemožnost umístit pod liniové grafy podrobný topografický podklad v takové kvalitě, aby všechny prvky v mapě zůstaly čitelné. Joy plot je sice metoda vizuálně velmi přitažlivá a neobvyklá, její informační hodnota ale není moc vysoká. Jako taková dokáže zobrazit vždy jen jeden jev.

Další nevýhodou je nutnost využití kombinace GIS a grafického programu pro její zpracování, v GIS však zatím neexistuje automatizovaný nástroj, který by metodu dostatečně kvalitně zkonstruoval.



Obrázek 34: Joy plot nadmořské výšky – reliéf Taiwanu [30]



Obrázek 35: Joy plot hustoty zalidnění – Německo [31]

4 Hodnocení náročnosti zpracování netradičních metod

Možnosti tvorby vizualizačních metod by bylo možné rozdělit následujícím způsobem:

- automatizovaná – tematická mapa s využitím dané metody je od začátku do konce vytvořena v GIS,
- poloautomatizovaná – tematická mapa je vytvořena částečně v GIS a částečně v grafickém SW,
- manuální – téměř nevyužívaná, z principu jde proti zásadám a funkcím GIS.

V podstatě jakákoliv metoda nebo její podoba může být za určitých podmínek vytvořena v GIS automaticky. Teoreticky k tomu „jen“ stačí mít naprogramovaný nástroj ve skriptovacím jazyce, jehož použití GIS umožňuje. Tímto způsobem by se však nejednalo o využití dostupných kartografických nástrojů a nelze předpokládat, že běžný uživatel užívající GIS pro tvorbu tematických map bude tento postup praktikovat (i když jsou schopnosti každého uživatele velmi individuální). Bylo by samozřejmě výhodné a praktické, kdyby bylo možné vytvářet co nejvíce metod a jejich variant přímo v GIS, a to zcela automatizovaně.

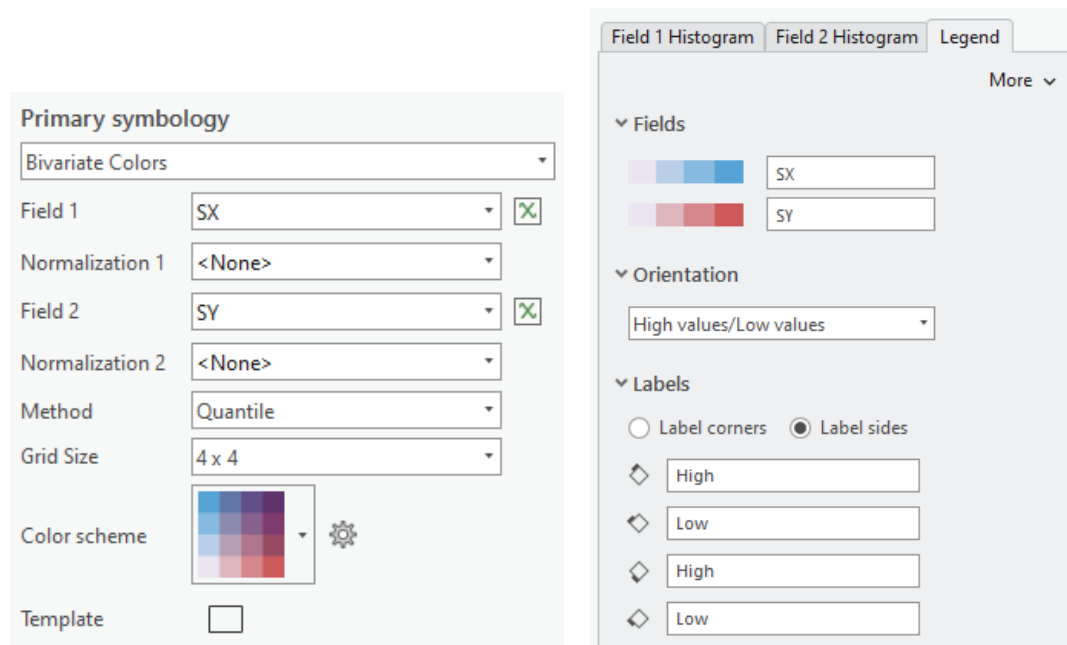
Tato kapitola shrnuje možnosti a náročnost tvorby vybraných metod v GIS z pohledu běžného uživatele.

4.1 Bivariantní kartogram

Tvorba bivariantního kartogramu je dnes v GIS velmi snadná a nevyžaduje ve svém postupu žádné neobvyklé kroky. Nejvhodnějšími vstupními daty jsou, stejně jako u univariantního kartogramu, statistická data přepočtená na jednotku plochy a vztažená k dané ploše. Pokud se uživatel rozhodne vytvořit bivariantní kartogram, měl by předem mít představu o charakteristikách, jež chce znázornit, a alespoň částečně rozumět vztahům mezi nimi. Jen tak může s jistotou vytvořit kvalitní mapu, nezobrazující nelogické závislosti jevů, které spolu v realitě vůbec nesouvisí.

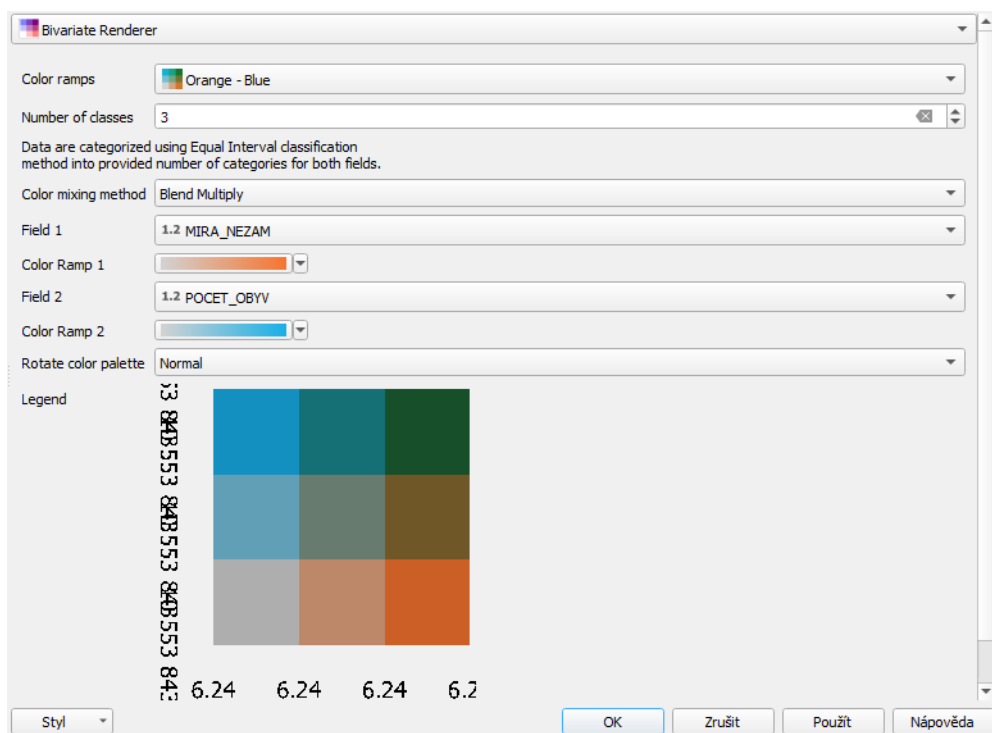
V ArcGIS Pro je možné metodu jednoduše aplikovat v rámci symbologie bodových, liniových nebo plošných prvků. Pro možnost *Bivariate Colors* může uživatel nastavit velikost výsledného schématu (*Grid Size* možnosti

2×2, 3×3, 4×4), vyšší počet tříd zde není k dispozici, což ale není nijak zásadní problém, protože se obecně nedoporučuje používat schémata s třídami 5×5 a více z důvodu nepřehlednosti mapy. Uživatel vybere dvě proměnné, které chce zároveň znázornit, a pro obě nastaví funkční metodu pro tvorbu intervalové stupnice (analogicky ke kartogramu jedné proměnné), viz obr. 36. Následuje už jen výběr vhodného barevného schématu, viz kapitola 3.1.1. Důležité je zmínit, že obě proměnné musí být ve stejné vrstvě; pokud jsou vstupní vrstvy samostatně, je potřeba ony vrstvy před symbolizováním sloučit do jedné společné.

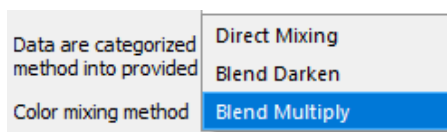


Obrázek 36: Bivariantní kartogram – nastavení symbologie v ArcGIS Pro

Podobný postup, jen s jedním krokem navíc, je možné uplatnit v QGIS. Aby bylo možné nastavit prvkům odpovídající symbologii, je nutné nejprve instalovat plugin *Bivariate color polygon renderer*, ten je možné použít ve verzi QGIS 3.20.0 a vyšší; autorem pluginu je Caha [43]. Další postup je již shodný s ArcGIS Pro, viz obr. 37. Uživatel v rámci symbologie prvků volí dvě proměnné jedné společné vrstvy, zde má navíc na výběr způsob kombinace barev ve výsledné škále, viz obr. 38.



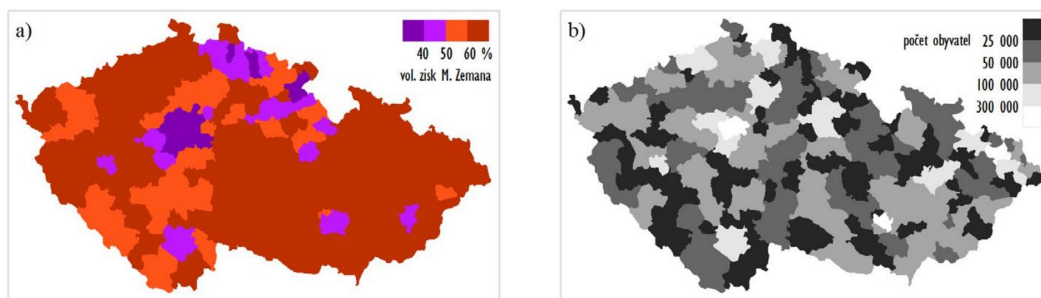
Obrázek 37: Bivariantní kartogram – symbologie v QGIS [43]



Obrázek 38: Bivariantní kartogram – nastavení symbologie metody v QGIS [43]

4.2 Value-by-alpha kartogram

Ačkoliv se dle autorů metody value-by-alpha kartogramu jedná o alternativu kartografické anamorfózy, praktické kroky postupu tvorby této metody v GIS jsou podobné tvorbě klasického kartogramu, budou zde proto popsány odlišnosti od běžného postupu. Value-by-alpha metoda vyžaduje dvě charakteristiky území ve formátu polygonové vektorové vrstvy, které mají identickou podrobnost, např. jako na obr. 39 – data za správní obvody.



Obrázek 39: Value-by-alpha – tematická a normalizační vrstva [6]

Value-by-alpha kartogram je příkladem metody, kterou je nutné vytvářet v počítačovém prostředí a nelze ji vytvořit manuálně. Existují dva základní přístupy, jak tento kartogram vytvořit. V prostředí ArcGIS Pro i QGIS jsou oba postupy téměř totožné.

Prvním přístupem je příprava tematické i normalizační vrstvy v GIS a jejich následný překryv v grafickém programu, což podrobněji popisuje Woodruff [38]. Oběma vrstvám se v GIS nastaví odpovídající barevná škála a intervalová stupnice a následně se vrstvy ve vektorovém nebo rastrovém formátu exportují. Normalizační vrstva, jež obsahuje barvy od bílé po tmavě šedou, se v grafickém editoru použije jako maska průhlednosti vrstvy, čímž je docíleno výsledné vizualizace [6].

Druhým přístupem je zkombinování vrstev a vytvoření barevného schématu přímo v GIS, tento postup popisuje blíže Wheeler [39]. Tematická vrstva s nastavenou barevnou škálou je vytvořena v GIS, a následně je vytvořeno tolik jejích kopií, kolik intervalů má mít normalizační vrstva. V každé jednotlivé kopii vrstvy se pak vykreslí vždy pouze jeden myšlený interval normalizační vrstvy, a to tak, že se kopiím nastaví postupně odpovídající průhlednost s nastavením hodnot normalizační vrstvy (tyto hodnoty se uvedou do zobrazovací podmínky – *Definition Query*) [6]. Tímto skládáním vrstev je vytvořena výsledná value-by-alpha mapa. Subjektivně bych druhý přístup hodnotila jako jednodušší, jelikož k jeho aplikaci stačí pouze GIS software bez grafického editoru. Pokud je totiž mapa dokončována v grafickém programu, musí být celá legenda obsahující všechny vzniklé intervaly vytvořena ručně, což je z uživatelského pohledu krok navíc. ArcGIS Pro tento krok částečně eliminuje, neboť po překryvu vrstev legenda obsahuje i nastavenou průhlednost.

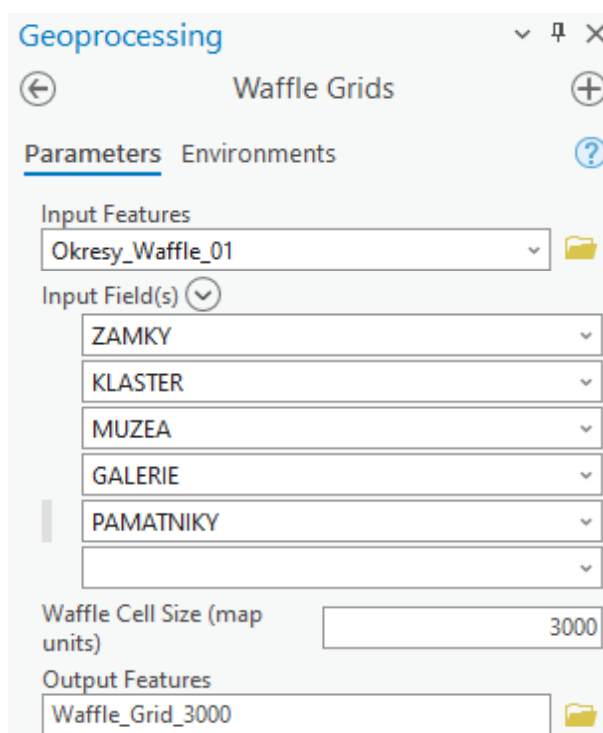
Důležitým krokem při tvorbě value-by-alpha kartogramu je nastavení intervalů stupnic vstupních vrstev. Stupnice tematické vrstvy by měla obsahovat maximálně 3 intervaly pro sekvenční schéma a 6 intervalů pro divergentní schéma [6]. Pro stupnici normalizační vrstvy lze použít škálu s více intervaly, navzájem se od sebe odlišují nastavenou průhledností; jako vždy záleží na objemu a obsahu znázorňovaných dat.

Celkově je nejdůležitější myšlenkou celé metody správná volba barevného schématu vzhledem k prezentovaným datům, tak aby v nich vynikly požadované souvislosti, a také s ohledem na to, zda je mapa tvořena pro tisk nebo pro web.

4.3 Waffle grid map

V ArcGIS Pro je možné tuto konkrétní variantu segmentového kartodiagramu vytvořit pomocí nástroje *Waffle Grids*, který je k dispozici ve formě toolboxu. Tento toolbox je kompatibilní s verzí ArcGIS Pro 2.7 a vyšší, jeho autorem je Field [34]. Nástroj na vstupu vyžaduje vektorovou vrstvu s atributovými daty bodového nebo polygonového charakteru. Parametry, jenž uživatel nastavuje a ovlivňuje jimi výslednou podobu diagramu, jsou:

- vstupní data (*Input Features*) – bodová nebo plošná vrstva obsahující data o znázorňovaném jevu,
- kategorie jevu (*Input Fields*) – pole atributové tabulky vstupních dat,
- velikost segmentu (*Waffle Cell Size*) – délka strany segmentu v mapových jednotkách (metrech), nutné zvolit s ohledem na výsledné měřítko a velikost mapy – nejedná se o hodnotu segmentu, jen o jeho vizuální velikost.



Obrázek 40: Parametry nástroje *Waffle Grids* v ArcGIS Pro

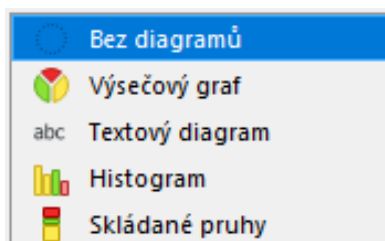
Nástroj vytvoří vrstvu s mřížkou buněk („vaflí“) pro každý objekt vstupní vrstvy, a pokud byla ona vstupní vrstva polygonová, je ona mřížka vaflí vztažena k centroidu příslušného polygonu.

Pro uživatele následuje poté již pouze volba vhodné symbologie. Kategorie je možné ve vaflí libovolně seřadit, segmenty patřící stejné kategorii spolu ale

budou vždy sousedit (z hlediska přehlednosti by opak postrádal smysl). Co se přehlednosti vizualizace týče, je možné segmenty symbolizovat tak, aby na sebe ve vaflí přímo navazovaly, nebo aby mezi sebou měly rovnoměrné mezery.

Výsledný diagram je vždy vykreslen se zaokrouhlením buněk na celá čísla (viz nastavení *Waffle Cell Size*). Možnou budoucí modifikací nástroje by mohlo být přidání možnosti vykreslit v diagramu i neúplný segment (jeho poměrnou část), což by umožnilo čtenáři mapy získat ještě přesnější informaci o celkových hodnotách jevu pro dané kategorie.

V prostředí QGIS se mi podobný postup zreplikovat nepodařilo, QGIS umožňuje vykreslit pro bodové, liniové nebo polygonové objekty pouze diagramy uvedené na obr. 41. Pokud by měl do budoucna existovat podobný nástroj jako *Waffle Grids* v ArcGIS Pro, jeho realizace by pro QGIS mohla být formou pluginu, kterých pro QGIS existuje již velké množství.



Obrázek 41: Diagramy v prostředí QGIS

4.4 Coxcomb diagram map

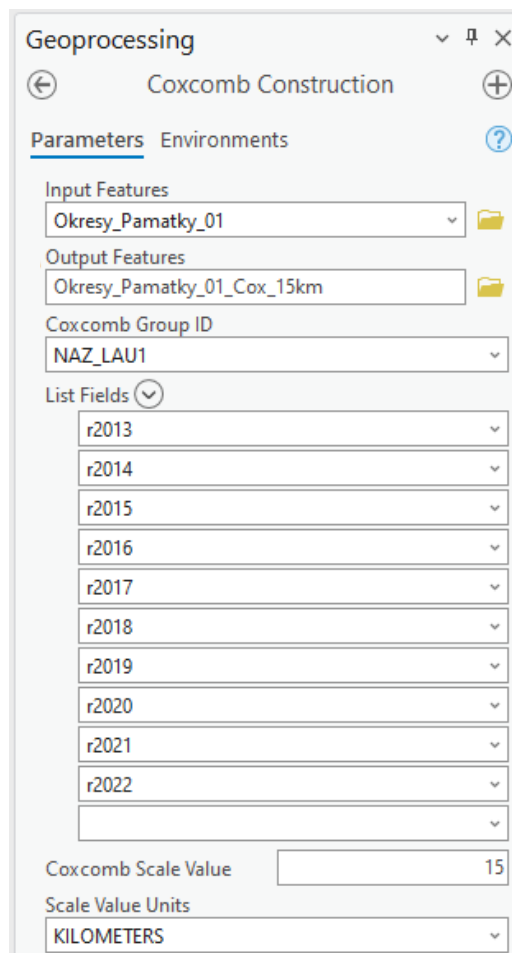
Podobně jako pro waffle grid map, i pro tvorbu coxcomb diagramu existuje v ArcGIS Pro konkrétní nástroj *Coxcomb Construction*, který je možné získat ve formě toolboxu a do prostředí GIS jej přidat. Toolbox je kompatibilní s verzí ArcGIS Pro 2.7 a vyšší, autory toolboxu jsou Beale a Šavrič [32]. Stejně jako v případě předchozí metody, ani pro coxcomb diagramy jsem nenašla odpovídající nástroj pro QGIS.

Nástroj *Coxcomb Construction* vyžaduje na vstupu data pouze v bodové vrstvě, což může být do určité míry omezující, proto například při existenci dat vztažených k polygonům je nejprve potřeba vytvořit pro tyto polygony centroidy, a ty budou polygony dále reprezentovat (pokud to povaha dat umožňuje a ta tím neztratí na kvalitě). Diagramy jsou pak vytvořeny pro každý z těchto centroidů, produktem nástroje je polygonová třída prvků.

Kromě vstupní vrstvy (*Input Features*) uživatel vybírá sloupec atributové tabulky se vztažnými body, ke kterým se diagramy vykreslí

(*Coxcomb Group ID*), a pole hodnot pro jednotlivé segmenty (*List Fields*). Tato pole musí být na vstupu seřazena v tom pořadí, v jakém se mají vykreslit do diagramu. Vykreslení probíhá po směru hodinových ručiček, přičemž první segment se vždy nachází na dvanácté hodině. Dále lze ovlivnit maximální velikost výseče vzhledem k mapovým jednotkám.

Jednotlivých diagramů lze pro stejné vztažné body vytvořit vícero a zobrazit je najednou přes sebe, čímž je docíleno snadného porovnání hodnot buď za různé časové úseky nebo kategorie a zobrazení velkého množství dat naráz v jednom mapovém symbolu. Pro čtenáře může být jistou nevýhodou nemožnost odečíst absolutní hodnoty jevu přímo z diagramu, proto je vhodné každý (nebo alespoň některý) diagram doplnit legendou či popisem.



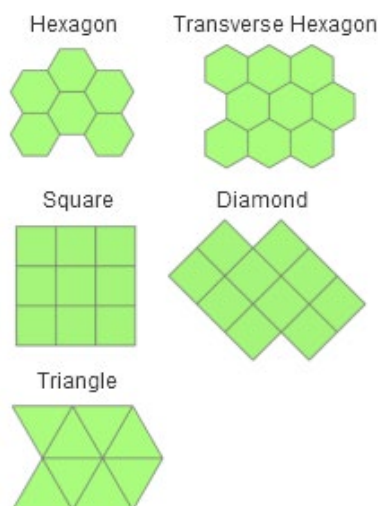
Obrázek 42: Parametry nástroje Coxcomb Construction v ArcGIS Pro

4.5 Metoda gridu

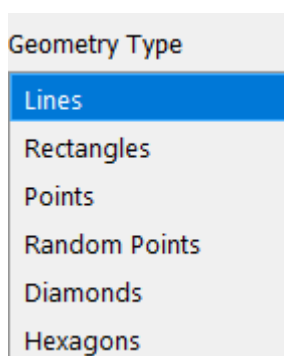
Postup tvorby metody gridu v GIS by se dal rozdělit na tři hlavní části:

- tvorba gridu,
- výpočet obsahu buněk gridu,
- výsledná vizualizace.

Tvorba samotné polygonové mřížky je v GIS poměrně snadná. ArcGIS Pro obsahuje nástroj *Generate Tesselation*, pomocí něhož lze vytvořit vektorovou síť s tvary buněk, které jsou uvedeny na obr 43. V prostředí QGIS je ke stejnému účelu zapotřebí plugin *MMQGIS*, jenž umožňuje vytvořit síť s buňkami uvedenými na obr. 44. Tento plugin lze nainstalovat do verze QGIS 2.99.0 a vyšší, autorem pluginu je Minn [33]. Uživatel pro vygenerování gridu volí parametry velikost a tvar buňky.



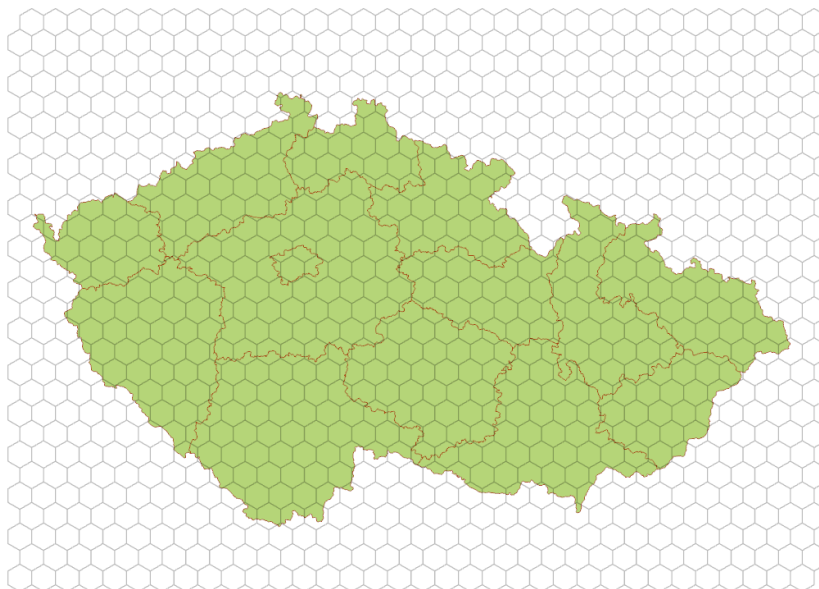
Obrázek 43: Tvary buněk gridu v ArcGIS Pro [26]



Obrázek 44: Tvary buněk gridu v QGIS [33]

Nejcitlivěji provedeným krokem při aplikaci této metody musí být právě volba velikosti buňky. Tu je v GIS možné nastavit v různých plošných

jednotkách, a vždy záleží na autorovi, případně požadavcích na výslednou mapu, jaká velikost buňky bude zvolena. Grid sám o sobě k vytvoření nevyžaduje žádnou další datovou vrstvu, použitím odpovídajícího nástroje vznikne jedna polygonová vrstva. Vzhledem k tomu, že má mřížka sloužit jako náhrada konkrétních územních celků, které překrývá, je vhodné ji vytvořit v rozsahu dané oblasti, např. viz obr. 45, a následně upravit.



Obrázek 45: Šestiúhelníková polygonová mřížka, velikost buňky 200 km²

Rozhodnutí, jaké buňky budou součástí výsledné mapy, tak aby došlo ke vhodnému překrytí původního území, může být provedeno autorem manuálně (smazání nepotřebných buněk), nebo automaticky pomocí běžných geoprocessingových nástrojů. Jelikož přednost metody spočívá v zobrazování mřížky se stejně velkými buňkami, které představují stejnou rozlohu skutečného území, a možnosti jejich snadného vzájemného srovnání, je nutné vytvořit polygonovou vrstvu mřížky s nastaveným ekvivalentním kartografickým zobrazením. Použitím jiného zobrazení by pak metoda postrádala smysl.

Následuje krok znázornění požadovaného tematického obsahu do mřížky, což může být provedeno agregací nebo disagregací dat, viz kapitola 3.3. Vstupní data s atributovými údaji mohou být ve formě bodové, liniové nebo polygonové vektorové vrstvy. Hodnoty zvoleného jevu lze do buněk mřížky „napočítat“ analytickým nástrojem *Spatial Join*, což je pro uživatele opět poměrně jednoduchý krok.

Poté je k dosažení požadované vizualizace nutné vhodně zvolit symbologii buněk mřížky. Volba barevné stupnice, intervalů atp., je čistě na uživateli

a může být analogická k metodě kartogramu. Buňky jsou plošné symboly, tudíž je u nich možné ovlivnit výplň a obrys.

Možným omezením při tvorbě metody gridu může být výpočetní náročnost při velmi objemném datasetu, velkém územním rozsahu (např. mapa celého světa) a jemném dělení mřížky (malé buňky).

4.6 Metoda intenzity jevu (heat-map)

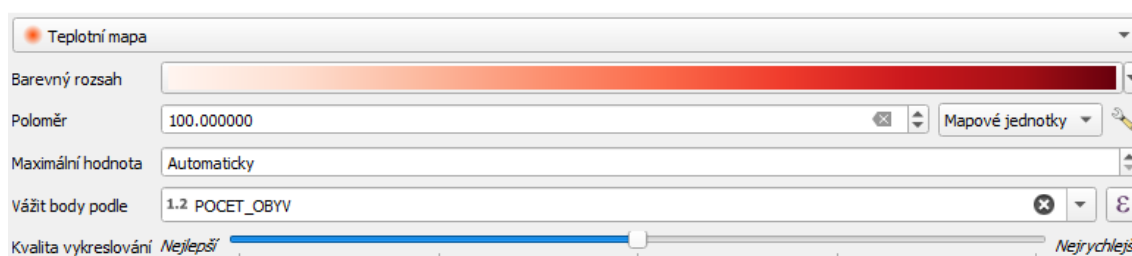
Z uživatelského pohledu je tvorba heat-mapy v GIS poměrně jednoduchá. V ArcGIS Pro i QGIS je metoda implementována v rámci symbologie pro bodové objekty, což je pro běžného uživatele snadná cesta k výsledné vizualizaci. Jinou možností pro aplikaci metody je použití geoprocessingového nástroje *Kernel Density* (odhad hustoty jádra). Z datového hlediska je po výpočtu z bodových nebo liniových prvků vytvořen rastr hustoty jevu, který spojitě pokrývá dotčené území. Rastr je pak zobrazen plynulou barevnou stupnicí. Algoritmus *Kernel Density*, jenž je používán i přímo v nastavení symbologie, uvažuje vliv každého objektu v datasetu na objekty v jeho okolí.

Uživatel může při výpočtu ovlivnit následující parametry, viz obr. 46 a obr. 47:

- velikost buňky výsledného rastru (ve formě *Rendering Quality* – ArcGIS Pro nebo *Pixel Size* – QGIS),
- poloměr vlivu (*Radius*) – poloměr, ve němž je pro každý bod prohledáno jeho okolí, a body, které se v něm nacházejí, jsou pak uvažovány jako ty, mající na konkrétní bod vliv – vyšší hodnoty vedou k vytvoření hladšího rastru, nižší naopak zobrazí větší detail,
- váhu bodů (*Weight Field*) – může a nemusí být zadána; pokud uživatel hodnotu nezvolí, mají všechny body váhu 1; např. u mapy uvedené na obr. 33 v kapitole 3.4 by váha mohla být počet obětí nehod, pro znázornění hustoty zalidnění z bodové vrstvy sídel by váha byla počet obyvatel.



Obrázek 46: Metoda intenzity jevu – nastavení symbologie metody v ArcGIS Pro



Obrázek 47: Metoda intenzity jevu – nastavení symbologie metody v QGIS

Volba poloměru je důležitá především v závislosti na zvoleném měřítku výsledné mapy. Není žádoucí, aby byla intenzita jevu zobrazena ve velké vzdálenosti od konkrétního bodu, tzn. aby bod „neovlivňoval“ body od něj příliš vzdálené.

Pro oblasti s vysokou hustotou jevu, kde rastr pokrývá větší spojité území, je pak vhodné pro lepší vizualizaci nastavit rastru určitou hodnotu průhlednosti, aby zůstalo patrné, ve kterých místech dosahuje jevu dané intenzity. S tím souvisí vhodnost použití topografického podkladu v mapě. Barevné schéma obsahuje nejčastěji teplejší (červené) tóny pro vyšší hodnoty jevu a chladnější (modré) pro hodnoty nižší.

K aplikaci metody heat-map v současné době stačí pouze použití GIS softwaru, a dle mého názoru ani příprava vstupních dat nevyžaduje nadměrné úsilí, ačkoliv je to vždy záležitostí subjektivního hodnocení.

Metoda heat-map nalézá častější využití ve webové kartografii, kde je umožněna dynamická změna měřítka mapy a s tím související dynamický přepočítání vykresleného rastru.

5 Mapové výstupy

V této kapitole jsou shrnuty informace o tematických mapách, které byly vytvořeny jako příloha diplomové práce. Cílem výstupů je demonstrovat možnost použití nových metod na konkrétních datech. Výstupy jsou uvedeny v seznamu příloh ve formátu PDF a v tištěné verzi diplomové práce jsou přiloženy ve formátu papíru A3. Mapy byly vytvořeny v prostředí Arci Pro v souladu se zásadami tvorby kartografických výstupů.

5.1 Turistické cíle Jihočeského kraje

Mapový výstup obsahuje dvě dílčí tematické mapy Jihočeského kraje. V mapách jsou aplikovány metoda waffle grid a metoda coxcomb diagram.

Pomocí metody waffle grid jsou v mapě pro každý okres Jihočeského kraje zobrazeny počty památek a kulturních zařízení, jež byly přístupné veřejnosti v roce 2022. Metoda coxcomb diagram znázorňuje celkový počet návštěvníků těchto památek a zařízení v letech 2013 až 2022.

Data pro tvorbu mapového výstupu byla získána z Národního informačního a poradenského střediska pro kulturu (NIPOS) [47]. NIPOS vede statistiky návštěvnosti pro jednotlivé okresy ČR zvláště pro tzv. památkové objekty s kulturním využitím (hrady, zámky, zříceniny, kláštery, věže) a zvláště pro ostatní objekty, do nichž se řadí muzea, galerie a památníky. NIPOS a Český statistický úřad dále uvádí informace o počtu těchto zařízení, která byla v konkrétním roce přístupná veřejnosti (zdarma nebo za vstupné).

Poskytované statistiky nejsou prostorovými daty, nýbrž se jedná o souhrny v různých formátech (XLS, PDF). Pro účel tvorby map byly z těchto souhrnů vytvořeny soubory ve formátu CSV obsahující celkové počty návštěvníků a počty přístupných objektů dle okresů. Struktura vytvořeného CSV souboru je na obr. 48.

```
OKRES;ROK_2022;ROK_2021;ROK_2020;ROK_2019;ROK_2018;ROK_2017;ROK_2016;ROK_2015;ROK_2014;ROK_2013
České Budějovice;205 764;131 878;99 715;174 450;214 541;216691;197052;193144;173301;113046
Český Krumlov;29 148;17 776;15 660;40029;33394;15828;30858;42470;43871;54597
Jindřichův Hradec;82 957;66 907;64 780;119 630;109 835;129141;118988;103516;172800;74466
Písek;33 786;20 097;14 529;31 335;34 272;48812;40681;33233;31171;26910
Prachatice;21 197;16 827;16 772;27 138;18 903;26217;15902;21289;29789;34761
Strakonice;71 764;35 414;36 570;74 902;91 043;103885;91204;64233;18991;51586
Tábor;125 241;114 448;79 408;173 863;113 833;197850;179844;120463;116430;75927
```

Obrázek 48: Struktura vstupního CSV souboru – údaje o návštěvnosti

Pro lokalizaci dat v CSV souborech byla v ArcGIS Pro využita bodová vrstva reprezentující okresy z geodatabáze ArcČR 4.2 [46]. Ze stejného zdroje byly v mapě použity i polygonové vrstvy obsahující hranice okresů a krajů.

NIPOS vede statistiky zvlášť pro památkové objekty a zvlášť pro ostatní objekty, tomuto rozdělení odpovídá i aplikace metody coxcomb diagram v mapě. Jsou zde zobrazeny dva překrývající se diagramy pro každý okres.

Mapy Jihočeského kraje jsou vytvořeny v měřítku 1 : 650 000, výstup byl vytištěn ve formátu A3 a je uveden v příloze 1 této diplomové práce.

5.2 Kriminalita v Praze

Druhý mapový výstup obsahuje dvě tematické mapy Prahy, ve kterých jsou použity metoda gridu (šestiúhelníková síť) a metoda intenzity jevu (heat-map). Jedná se o mapy kriminality v Praze za prosinec roku 2023, pro jejich tvorbu byla využita data poskytovaná Policií České republiky (PČR) [45].

Vstupními daty pro obě tematické mapy byla vrstva bodů obsahující jejich polohové souřadnice a doplňující informace (datum, čas a typ spáchaného skutku, stav jeho objasnění) o trestných činech a přestupcích evidovaných PČR. Tato data jsou poskytována ve formátech CSV nebo GeoJSON a jež lze stáhnout za jednotlivé roky (pro vybranou obec) nebo za jednotlivé měsíce (pro celou ČR). Souřadnice jsou uvedeny v souřadnicovém systému WGS-84. Ukázka struktury vstupních dat je uvedena na obr. 49. V mapě byla využita pomocná vrstva hranic obcí z geodatabáze ArcČR 4.2 [46].

```
"id","x","y","mp","date","state","relevance","types"
22412164,15.881122,49.217328,"false","2023-12-07T17:00:00.0000+01:00",1,4,35
22646506,16.916088,49.245873,"false","2023-12-20T14:50:00.0000+01:00",1,4,55
22671665,14.489719,50.031176,"false","2023-12-03T22:43:00.0000+01:00",2,4,111
22701487,14.440343,50.054241,"false","2023-12-11T15:56:00.0000+01:00",1,4,78
22733947,15.592211,49.591513,"false","2023-12-10T19:03:00.0000+01:00",2,4,97
22772490,18.435132,49.781024,"false","2023-12-08T10:00:00.0000+01:00",2,2,111
22792271,15.209304,49.439650,"false","2023-12-11T19:00:00.0000+01:00",2,4,74
```

Obrázek 49: Bodová data výskytu trestných činů – PČR [45]

V mapách jsou zobrazena data z prosince 2023 týkající se pouze majetkové trestné činnosti, a to konkrétně trestných činů klasifikovaných dle PČR jako krádež nebo krádež s vloupáním.

První mapa obsahuje šestiúhelníkovou síť se zvolenou velikostí buňky 0,4 km². V buňkách jsou pak pomocí barevné stupnice zobrazeny absolutní počty krádeží provedených v konkrétním místě. Druhá mapa zobrazuje stejný jev, avšak pomocí metody heat-map. Obě mapy tak znázorňují hustotu

spáchaných krádeží na území hlavního města Prahy odlišnou metodou tematické kartografie a zprostředkovávají čtenáři srovnání těchto dvou metod. Mapy jsou vytvořeny v měřítku 1 : 150 000.

Mapový výstup byl vytištěn ve formátu A3 a je uveden v příloze 2 této diplomové práce.

6 Diskuze

V rámci diplomové práce bylo řešeno celkem 8 nových (netradičních) vizualizačních metod. Metody byly hodnoceny z hlediska jejich informační hodnoty a srozumitelnosti, náročnosti zpracování v GIS a možnosti jejich budoucího užití v tematické kartografii. Řešené metody lze shrnout následovně.

Dvě z nich, trivariantní kartogram a metoda joy plot, jsou bezpochyby metody poskytující neobvyklé výstupy, ovšem hodnotila bych je jako metody, které pravděpodobně nenaleznou v budoucnu v tematické kartografii širší uplatnění. Obě kladou na čtenáře mapy poměrně vysoké požadavky co se týče interpretace mapy – trivariantní kartogram vzhledem k množství znázorňovaných proměnných ve vzájemné závislosti a joy plot vzhledem ke svému unikátnímu vzhledu. Jsou také složitější na tvorbu a zároveň je lze aplikovat pouze na omezené spektrum dat.

Na pomezí stojí dle mého názoru metoda intenzity jevu (heat-map). Ta je pro čtenáře velmi intuitivní, snadno aplikovatelná na vstupní data, ale slouží jako vhodná metoda pouze pro případy, kdy není potřebné z mapy získávat konkrétní hodnoty zobrazovaných jevů.

Největší potenciál mají dle mého názoru metody bivariantní kartogram, value-by-alpha kartogram, metoda gridu, metoda waffle grid (waffle chart) a metoda coxcomb diagramu. Poslední dvě jmenované metody jsou varianty kartodiagramu, který je obecně v tematické kartografii hojně užívaný, proto lze soudit, že by i tyto dvě konkrétní varianty mohly nalézt širší uplatnění. Jejich informační hodnota a srozumitelnost jsou srovnatelné s ostatními typy kartodiagramů. Jedná se o metody, jež jsou teoreticky známé, avšak až nyní jsou v GIS dostupné nástroje pro jejich snadnou tvorbu.

Bivariantní kartogram a value-by-alpha kartogram zapracovávají do běžného jednoduchého kartogramu druhou proměnnou a zvyšují tak objem sdělované informace v mapě. S tím vzrůstá i náročnost na jejich interpretaci, přesto však zůstávají dostatečně přínosné.

U metody gridu nelze opomenout zmínit její vizuální atraktivitu přispívající k jejímu čím dál častějšímu užití v tematických mapách a především způsob, jímž dokáže vhodně znázornit hustotu mapovaného jevu napříč prostorem.

Ke všem těmto popisovaným vizualizačním metodám bylo přistupováno spíše jako k alternativám k již existujícím a tradičně užívaným metodám než jako k možnostem jejich úplného nahrazení.

Neobvyklých vizualizačních metod existuje samozřejmě vícero, avšak v této práci nejsou zahrnuty všechny, neboť zásadním aspektem pro jejich použití jsou i praktické možnosti jejich aplikace, které je potřeba uvažovat. Jednou z takových metod je například metoda Chernoff Faces, což je způsob znázornění vícerozměrných dat užívaný pro mapy kvality života, širšího využití ale metoda nalézá jen stěží. Jiným příkladem může být stromová mapa (spatially ordered treemap), v jejímž případě se však jedná spíše o infografiku než o mapu.

Všechny výše zmíněné metody by se daly ale jistým způsobem zařadit do již existujících vymezených skupin dle různých autorů. Případným navázáním na tuto diplomovou práci by bylo vytvoření nové komplexní klasifikace metod tematické kartografie, jež by obsahovala i metodiku volby vhodné metody na základě druhu vstupních dat. V klasifikaci by bylo opomenuto jakéhokoliv dosavadního dělení, k vizualizačním metodám by se přistupovalo striktně podle vstupních dat a nedocházelo by k rozlišování metod na tradiční a nové. Další možností navázání by bylo posouzení metod z hlediska jejich využitelnosti ve webové kartografii, možnosti jejich interaktivních prvků či animace.

Časová a datová náročnost tvorby jednotlivých metod se z pohledu běžného uživatele odlišuje a nelze jednoznačně říci, zda jsou netradiční metody vždy náročnější na aplikaci. Na přípravu dat jsou dle mého názoru náročnější metody bivariantní, trivariantní a value-by-alpha kartogram, u nichž je potřeba vstupní data pečlivěji zvážit a připravit.

7 Závěr

Předkládaná diplomová práce shrnuje a popisuje tradiční a nové vizualizační metody, jež je možné využít při tvorbě tematických map v prostředí geografických informačních systémů.

Dílčí cíle práce, jimiž byly identifikace nových (netradičních) metod tematické kartografie, zjištění možností jejich konstrukce v GIS a posouzení jejich budoucího užití, byly splněny, čímž bylo splněno i zadání diplomové práce.

Nejobtížnějším krokem při zpracování práce byla samotná rešerše a identifikace metod, jež mají být dále řešeny a popsány. V současné době neexistuje žádné rozdělení metod tematické kartografie na metody specificky tradiční a nové. Mezi tradiční jsou zde zařazeny ty metody, které se nejčastěji vyskytují v českých (tematických) atlasech, jak je uvedeno v kapitole 1.2.2, a obecně je lze považovat za oblíbené i vzhledem k jejich hojnému výskytu, například v médiích.

Netradičních metod bylo pro následnou analýzu vybráno celkem 8, a to především z online zdrojů, ať už z digitálních atlasů nebo z map publikovaných samostatně v článcích či na webech souvisejících s kartografií. Lze tedy konstatovat, že výběr metod je zde do určité míry subjektivní. U každé z vybraných metod byl popsán její teoretický princip a dále bylo řešeno, jaké jsou možnosti a aspekty její praktické tvorby v GIS a její aplikace na konkrétní druh dat. Jako přílohy práce byly dále vytvořeny tematické mapy týkající se turistických cílů v Jihočeském kraji a výskytu trestných činů v Praze s ukázkou analyzovaných metod.

Závěrem lze říci, že diplomová práce by mohla přispět autorům tematických map při jejich rozhodování o volbě vizualizační metody a k tvorbě pestřejších a atraktivních kartografických výstupů.

Zdroje

- [1] VOŽENÍLEK, Vít a KAŇOK, Jaromír a kolektiv. *Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2011. ISBN 978-80-244-2790-4.
- [2] SLOCUM, Terry A. *Thematic cartography and geovisualization*. 3rd ed. Prentice Hall series in geographic information science. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, c2009. ISBN 978-0-13-229834-6.
- [3] NÉTEK, Rostislav. *Webová kartografie – specifika tvorby interaktivních map na webu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2020. ISBN 978-80-244-5827-4.
- [4] *Praktický atlas světa*. 4. vydání. Praha: Kartografie Praha, 2021. ISBN 978-80-7393-531-3.
- [5] FIELD, Kenneth. *Thematic Mapping: 101 Inspiring Ways to Visualise Empirical Data* [online]. New York: Esri Press, 2021. ISBN 978158948557.
- [6] MIKLÍN Jan, DUŠEK, Radek, KRTIČKA, Luděk a KALÁB, Oto. *Tvorba map*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2018. ISBN 978-80-7599-017-4.
- BLÁHA, Jan D. *Vybrané okruhy z geografické kartografie*. 2. vydání. V Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2021. ISBN 978-80-7561-295-3.
- [8] *TK ČÚZK: Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí*. Online. Dostupné z: <https://www.slovníkcuzk.eu/>. [cit. 2023-12-11].
- [9] JAROŠ, Jakub a LYSÁK, Jakub. Metoda izolinií, tečková metoda a dasymetrická metoda. In: *Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy* [online]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/projekty/moderni-geoinformacni-metody-ve-vyuce-gis-kartografie-a-dpzl/>. [cit. 2023-12-11].
- [10] JAROŠ, Jakub a LYSÁK, Jakub. Kartogram. In: *Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy* [online]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/projekty/moderni-geoinformacni-metody-ve-vyuce-gis-a-kartografie>. [cit. 2023-12-11].
- [11] JAROŠ, Jakub a LYSÁK, Jakub. Kartodiagram. In: *Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy* [online]. Dostupné z:

- <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/projekty/moderni-geoinformacni-metody-ve-vyuce-gis-a-kartografie>. [cit. 2023-12-11].
- [12] BURIAN, Jaroslav a kol. *Atlas Moravskoslezského kraje: lidé, podnikání, prostředí*. Olomouc: Urban Planner, s. r. o. pro Moravskoslezský kraj, 2021. ISBN 978-80-270-9454-7.
- [13] HANUS, Martin a ŠÍDLO, Luděk. *Školní atlas dnešního světa*. Praha: Terra, 2011. ISBN 9788090228269.
- [14] CHESHIRE, James a UBERTI, Oliver. *London: The Information Capital: 100 Maps and Graphics That Will Change How You View the City*. Londýn: Particular Books, 2014. ISBN 9780141978796.
- [15] NOWAK, Benjamin. *Digital mapping of soil texture*. Online. In: GitHub. Dostupné z: <https://github.com/BjnNowak>. [cit. 2023-12-29].
- [16] FISKE, Greg. *2020 Amazon deforestation up 20 percent over 2019*. Online. In: Woodwell Climate Research Center. Dostupné z: <https://www.woodwellclimate.org/analysis-2020-amazon-deforestation-up-20-over-2019/>. [cit. 2023-12-29].
- [17] *Systém povrchového mořských proudů*. Online. In: Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/12-2-fyzikalni-vlastnosti.html. [cit. 2024-01-01].
- [18] *Atlas krajiny České republiky*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2009. ISBN 978-80-7393-471-2.
- [19] *Tematický atlas Jihomoravského kraje*. 3. vydání. Praha: Kartografie Praha, 2017. ISBN 978-80-7393-471-2.
- [20] *2010 U.S. Population Density*. Online. In: Robert Allison. Dostupné z: https://robslink.com/SAS/democd59/us_population_density.htm. [cit. 2024-01-01].
- [21] *Austria Gridded Population*. Online. Dostupné z: https://worldmapper.org/maps/gridded-population-aut/?_sft_product_cat=population-atlas. [cit. 2024-01-07].
- [22] BERRY, Lisa. *What is a Relationship Map?* Online. Dostupné z: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-online/mapping/what-is-a-relationship-map>. [cit. 2024-01-07].
- [23] *CV-12 – Multivariate Mapping*. Online. Dostupné z: <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/multivariate-mapping>. [cit. 2024-01-07].

- [24] *United States Census Bureau*. Online.
Dostupné z: <https://www.census.gov/en.html>. [cit. 2024-01-07].
- [25] *Školní atlas světa*. 5. vydání. Praha: Kartografie Praha, 2019.
ISBN 978-80-7393-486-6.
- [26] *Generate Tessellation (Data Management)*. Online.
Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/generatetessellation.htm>. [cit. 2024-01-07].
- [27] *UN WPP-Adjusted Population Density (2020)*. Online.
Dostupné z: <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v4-population-density-adjusted-to-2015-unwpp-country-totals-rev11/maps>. [cit. 2024-01-09].
- [28] *Corn Condition Gridded Layer*. Online.
Dostupné z: https://www.nass.usda.gov/Research_and_Science/Crop_Progress_Gridded_Layers/index.php. [cit. 2024-01-07].
- [29] *Atlas obyvatelstva*. Online. 2013.
Dostupné z: <https://www.atlasobyvatelstva.cz/>. [cit. 2024-01-09].
- [30] *Joy Plot Taiwan*. Online. Dostupné z: <https://github.com/jjakon11>. [cit. 2024-01-07].
- [31] VAN DEN EECKHOUT, Koen. *Germany – Population density joy plot*. Online. Dostupné z: <https://koenvandeneeckhout.medium.com/behind-the-maps-66d6377b8644>. [cit. 2024-01-09].
- [32] *Coxcomb tool for ArcGIS Pro*. Online.
Dostupné z: <https://carto.maps.arcgis.com/home/item.html?id=ebdf8024e9714c7dbfa4f5342634fedb>. [cit. 2024-01-09].
- [33] MINN, Michael. *QGIS Python Plugins Repository – MMQGIS*. Online.
Dostupné z: <https://plugins.qgis.org/plugins/mmqgis/#plugin-details>. [cit. 2024-01-09].
- [34] *Waffle Grid tool for ArcGIS Pro*. Online.
Dostupné z: <https://carto.maps.arcgis.com/home/item.html?id=d749baac3ede42c3b6f011dc41627b03#overview>. [cit. 2024-01-09].
- [35] NIGHTINGALE, Florence. *Diagram of the causes of mortality in the army in the East*. Online. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Pie_chart#Polar_area_diagram. [cit. 2024-01-07].
- [36] *Bivariate choropleth mapping*. Online.
Dostupné z: <https://cartographicperspectives.org/index.php/journal/article/download/1538/1819?inline=1>. [cit. 2024-01-09].

- [37] ROTH, Robert E., WOODRUFF, Andrew W. a JOHNSON, Zachary F. Value-by-alpha Maps: An Alternative Technique to the Cartogram. Online. *The Cartographic Journal*. 2013, roč. 47, č. 2, s. 130-140. ISSN 0008-7041. Dostupné z: <https://doi.org/10.1179/000870409X12488753453372>. [cit. 2024-01-09].
- [38] WOODRUFF, Andy. *How to make a value-by-alpha map*. Online. Dostupné z: <https://andywoodruff.com/blog/how-to-make-a-value-by-alpha-map/>. [cit. 2024-01-09].
- [39] WHEELER, Andrew. *Making value by alpha maps with ArcMap*. Online. Dostupné z: <https://andrewpwheeler.com/2012/08/24/making-value-by-alpha-maps-with-arcmap/>. [cit. 2024-01-09].
- [40] *Heat Map*. Online. Dostupné z: <https://datavizproject.com/data-type/heat-map/>. [cit. 2024-01-07].
- [41] CARR, D. B., LITTLEFIELD, R. J., NICHOLSON, W. L. a LITTLEFIELD, J. S. Scatterplot Matrix Techniques for Large N. Online. *Journal of the American Statistical Association*. 1987, roč. 82, č. 398, s. 424-436. ISSN 0162-1459. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/01621459.1987.10478445>. [cit. 2024-01-07].
- [42] WHITE, Travis M. Cartographic Pleasures: Maps Inspired by Joy Division's Unknown Pleasures Album Art. Online. *Cartographic Perspectives*. 2018. ISSN 1048-9053. Dostupné z: <https://doi.org/10.14714/CP92.1536>. [cit. 2024-01-07].
- [43] CAHA, Jan. *Bivariate color polygon renderer*. Online. Dostupné z: <https://plugins.qgis.org/plugins/BivariateRenderer/>. [cit. 2024-01-07].
- [44] WILLIAM L., Karhl. *The California Water Atlas*. 1. Kaufmann, 1979. ISBN 9780913232682.
- [45] *Mapy kriminality*. Online. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/mapy-kriminality.aspx>. [cit. 2024-01-07].
- [46] Data ArcČR © ČÚZK, ČSÚ, ARCDATA PRAHA 2023. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/data/arccr>
- [47] *Statistika kultury České republiky*. Online. Dostupné z: <https://www.statistikakultury.cz/publikace/>. [cit. 2024-01-09].

Seznam obrázků

Obrázek 1: Parametry bodových, liniových a plošných znaků [7]	11
Obrázek 2: Metoda bodových znaků [4].....	14
Obrázek 3: Metoda liniových znaků – evropské ropovody [25].....	15
Obrázek 4: Metoda pohybových linií – mořské proudy [17].....	15
Obrázek 5: Metoda plošných znaků [12]	16
Obrázek 6: Jednoduchý kartogram – hustota zalidnění [18].....	17
Obrázek 7: Nepravý kartogram – míra znečištění vod organickými látkami [12] ..	18
Obrázek 8: Plošný sloupcový kartodiagram – index stáří [18]	19
Obrázek 9: Součtový kartodiagram – využití zemědělských ploch v Jihomoravském kraji [19].....	19
Obrázek 10: Liniový kartodiagram (stuhová metoda) – intenzita dopravy [18]	20
Obrázek 11: Metoda teček – systematické rozmístění teček [20]	21
Obrázek 12: Metoda izolinií – průměrná červencová teplota vzduchu [4]	22
Obrázek 13: Izochrony – izopletická mapa časové dostupnosti ZZS [12]	22
Obrázek 14: Dasymetrická metoda – hustota zalidnění [13].....	23
Obrázek 15: Souvislá neradiální anamorfóza (Gastner-Newman cartogram) – počet obyvatel Rakouska [21].....	24
Obrázek 16: Barevná schémata pro vyjádření více proměnných [1]	26
Obrázek 17: Tvorba barevného schématu pro bivariantní kartogram. [22].....	27
Obrázek 18: Bivariantní kartogram – vztah výše příjmu a dosaž. vzdělání [36]....	27
Obrázek 19: Bivariantní kartogram – vztah obezity a nízké porodní váhy [23]	28
Obrázek 20: Složky zrnitosti půdy – trivariantní kartogram [15].....	29
Obrázek 21: Trivariantní kartogram – podíl voličů politických stran ve volebních obvodech, Londýn 2014 [14]	29
Obrázek 22: Trivariantní kartogram – spojitě barevné schéma modelu CMY [24] 30	
Obrázek 23: Value-by-alpha kartogram – útrata za alkohol na osobu [23]	32
Obrázek 24: Value-by-alpha kartogram – volební výsledky [6].....	32
Obrázek 25: Metoda waffle grid – množství vody potřebné k zavlažování [44]	34
Obrázek 26: Metoda waffle grid – počty cizinců žijících na Vinohradech [29]	35
Obrázek 27: Metoda waffle grid – turist. návštěvy Moravskoslezského kraje [12]. 35	
Obrázek 28: Coxcomb diagram – úmrtnost vojáků za jednotlivé měsíce roku – Florence Nightingale [35]	36
Obrázek 29: Metoda coxcomb diagram – počet požárů a vykáčená plocha v Amazonii [16]	37
Obrázek 30: Metoda gridu – počet dokončených bytů v roce 2019 [12]	39
Obrázek 31: Metoda gridu – hustota zalidnění [27].....	39
Obrázek 32: Metoda heat-map aplikovaná na bodové prvky – kvalita plodin napříč USA [28].....	41

Obrázek 33: Metoda heat-map aplikovaná na liniové prvky – intenzita dopravních nehod za silniční úseky [12].....	41
Obrázek 34: Joy plot nadmořské výšky – reliéf Taiwanu [30].....	43
Obrázek 35: Joy plot hustoty zalidnění – Německo [31].....	43
Obrázek 36: Bivariantní kartogram – nastavení symbologie v ArcGIS Pro	45
Obrázek 37: Bivariantní kartogram – symbologie v QGIS [43].....	46
Obrázek 38: Bivariantní kartogram – nastavení symbologie metody v QGIS [43].	46
Obrázek 39: Value-by-alpha – tematická a normalizační vrstva [6]	46
Obrázek 40: Parametry nástroje Waffle Grids v ArcGIS Pro	48
Obrázek 41: Diagramy v prostředí QGIS	49
Obrázek 42: Parametry nástroje Coxcomb Construction v ArcGIS Pro	50
Obrázek 43: Tvary buněk gridu v ArcGIS Pro [26].....	51
Obrázek 44: Tvary buněk gridu v QGIS [33]	51
Obrázek 45: Šestiúhelníková polygonová mřížka, velikost buňky 200 km ²	52
Obrázek 46: Metoda intenzity jevu – nastavení symbologie metody v ArcGIS Pro	54
Obrázek 47: Metoda intenzity jevu – nastavení symbologie metody v QGIS.....	54
Obrázek 48: Struktura vstupního CSV souboru – údaje o návštěvnosti.....	55
Obrázek 49: Bodová data výskytu trestných činů – PČR [45].....	56

Seznam příloh

Příloha 1: Turistické cíle Jihočeského kraje

Příloha 2: Kriminalita v Praze