



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta přírodovědně-humanitní
a pedagogická



Návrh kartografických metod pro vizualizaci časoprostorových dat ERN

Bakalářská práce

Studijní program: B1301 – Geografie
Studijní obor: 1301R022 – Aplikovaná geografie
Autor práce: **Markéta Beitlová**
Vedoucí práce: Mgr. Jiří Šmída, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta Beitlová**
Osobní číslo: **P12000633**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Aplikovaná geografie**
Název tématu: **Návrh kartografických metod pro vizualizaci časoprostorových dat ERN**
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce: Navrhnout kartografické metody pro vizualizaci časoprostorových dat v mapách Euroregionu Nisa.

Požadavky: Rešerše odborné literatury a zdrojů. Navrhnout minimálně 3 metody vizualizace časoprostorových dat a pokusit se je ověřit na konkrétních datových sadách.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **45 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

AIGNER, W., MIKSCH, S., SCHUMANN, H., TOMINSKI, C., 2011.
Visualization of Time-Oriented Data. London: Springer. ISBN
978-0-85729-078-6.

KRAAK, M.J., 2014. Mapping Time: Illustrated by Minard's Map of Napoleon's
Russian Campaign of 1812. California: Esri Press. ISBN 978-1-58948-312-5.

Li, X., 2010. The time wave in time space: A visual exploration environment for
spatio - temporal data [online]. Enschede: University of Twente Faculty of
Geo-Information and Earth. [vid. 20.10.2014]. ISBN 978-90-6164-295-4.

Dostupné z: http://www.itc.nl/library/papers_2010/phd/li.pdf

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jiří Šmída, Ph.D.**
Katedra aplikované matematiky


Datum zadání bakalářské práce: **10. prosince 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. dubna 2015**



doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.
děkan

L.S.



doc. RNDr. Branislav Nižnanský, CSc.
vedoucí katedry

dne

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Na prvním místě bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce Mgr. Jiřímu Šmídovi Ph.D. především za jeho obětavé vedení a trpělivost při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji všem níže citovaným autorům knih, bez kterých by má práce nemohla vzniknout. A v neposlední řadě děkuji rodině za podporu při psaní mé práce.

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na použití vizualizačních metod časoprostorových dat pro atlas Euroregionu Nisa. V práci jsou uvedeny teoretické principy a přístupy k času, prostoru a datům, používaným při tvorbě vizualizací. Návrhy metod jsou doplněny konkrétními ukázkami vizualizací časoprostorových dat, a to na příkladu Euroregionu Nisa. Součástí práce je i hodnocení jednotlivých metod a diskuze, zabývající se jejich použitím v atlase Euroregionu Nisa.

Klíčová slova: časoprostorová data, metody vizualizace, Euroregion Nisa

Annotation

Bachelor thesis is focused on use visualization methods for visualizing spatio-temporal data for atlas of Euroregion Neisse. The thesis presents theoretical principles and approaches to time, space and data used in creating of visualizations. Proposals of methods show examples of spatio-temporal data applied on Euroregion Neisse. The thesis includes evaluation of methods and their suitability for atlas.

Keywords: spatio-temporal data, visualization methods, Euroregion Neisse

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíle práce	12
3. Rešerše.....	13
4. Čas	15
4.1 Modelování času	17
4.2 Principy modelování struktury času.....	18
4.2.1 Stupnice času	18
4.2.1.1 Ordinální stupnice.....	18
4.2.1.2 Diskrétní stupnice	18
4.2.1.3 Kontinuální stupnice	19
4.2.2 Časový rozsah.....	20
4.2.2.1 Vymezení rozsahu bodem.....	20
4.2.2.2 Vymezení rozsahu intervalem	20
4.2.3 Uspořádání času.....	21
4.2.3.1 Lineární.....	21
4.2.3.2 Cyklické	22
4.2.4 Způsoby řazení událostí.....	22
4.2.4.1 Uspořádaný čas	22
4.2.4.2 Větvení času.....	23
4.2.4.3 Více perspektivní čas	23
4.3 Systém třídění času a topologie času	24
4.3.1 Systémy třídění času a jejich vztahy	24
4.3.2 Topologie času.....	26
5. Prostor.....	29
5.1 Koncepce prostoru	29
5.2 Matematické prostory.....	30

5.2.1 Množiny.....	32
5.2.2 Relace	33
5.2.3 Funkce	33
5.2.4 Topologický prostor	33
5.2.5 Metrické prostory	34
5.2.6 Euklidovský prostor.....	35
6. Data.....	36
6.1 Charakteristika časově orientovaný dat	36
6.2 Charakteristika geoprostorových dat.....	36
6.3 Časoprostorová data	36
6.3.1 Modelování časoprostorových dat.....	37
7. Vizualizace.....	39
7.1 Geografická vizualizace	40
7.2 Kartografická vizualizace.....	41
7.2.1 Kartografické metody pro vyjádření dynamiky prostorových jevů	42
8. Metody vizualizace časoprostorových dat.....	45
8.1 Časově orientované polygony	45
8.1.1 Metoda klínů (wedges)	46
8.1.2 Metoda koncentrických kružnic (rings/tree ring).....	47
8.1.3 Metoda pruhů (slices)	48
8.1.4 Shrnutí	49
8.2 Metoda kartodiagramu	50
8.2.1 Klasifikace kartodiagramů.....	52
8.2.2 Umisťování kartodiagramu.....	54
8.2.3 Shrnutí	55
8.3 Časoprostorová krychle.....	56
8.3.1 Shrnutí	59

9. Euroregion Nisa	60
9.1 Data o Euroregionu Nisa.....	61
10. Výsledky	62
11. Diskuze	64
12. Závěr	66
13. Seznam zdrojů.....	67

Seznam obrázků:

Obr. 1: Ordinální stupnice.....	18
Obr. 2: Diskrétní stupnice.....	19
Obr. 3: Kontinuální stupnice.....	19
Obr. 4: Rozsah času vymezený bodem.....	20
Obr. 5: Rozsah času vymezený intervalem.....	21
Obr. 6: Lineární znázornění času.....	21
Obr. 7: Cyklické znázornění času.....	22
Obr. 8: Větvení času. Alternativní scénáře pro stěhování do nového obytného prostoru.....	23
Obr. 9: Více perspektivní pohled.....	24
Obr. 10: Příklad víceúrovňového dělení času.....	25
Obr. 11: Nerovnost vztahů různých úrovní zrnitosti.....	26
Obr. 12: Výchozí topologie času.....	27
Obr. 13: Topologie intervalů.....	27
Obr. 14: Topologie bodu a intervalu.....	28
Obr. 15: Nástin historie vývoje pojetí prostoru.....	29
Obr. 16: Hierarchické členění matematických prostorů.....	30
Obr. 17: Mapa izochron.....	32
Obr. 18: Pyramidální model.....	37
Obr. 19: Kompozice časoprostorových dotazů.....	37
Obr. 20: Pokládání dotazů na objekt (a), polohu (b), atribut (c), čas (d).....	38
Obr. 21: Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012 metodou klínů.....	46
Obr. 22: Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012 metodou koncentrických kružnic.....	47
Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012 metodou pruhů.....	48

Obr. 24: Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012.....	49
Obr. 25: Vývoj počtu obyvatel států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012....	53
Obr. 26: Vizualizace časoprostorové cesty.....	57
Obr. 27: Princip vizualizace časoprostorové krychle.....	58
Obr. 28: Vizualizace časoprostorové krychle.....	58
Obr. 29: Administrativní členění Euroregionu Nisa.....	60
Obr. 30: Hodnocení metod vizualizací časoprostorových dat.....	63
Obr. 31: Principy modelování struktury času použitelné v jednotlivých vizualizacích.....	63

1. Úvod

V novodobé historii stojí za rozvojem vizualizačních metod, zejména vývoj v oblasti informačních technologií, který umožnil vizualizovat data z nejrůznějších oborů. Časoprostorová data se od ostatních zásadně liší v možnosti vizualizovat, kromě jejich atributové a časové složky, i jejich polohu v prostoru.

Bakalářská práce se zabývá možností, využití metod vizualizace časoprostorových dat, která jsou dostupná pro Euroregion Nisa. Předpokladem je aplikace vizualizačních metod pro atlas Euroregionu, určený laické veřejnosti. První část práce je věnována teoretickým principům a přístupům k času, prostoru a datům používaných při tvorbě vizualizací. Stěžejní část práce je pak věnována ukázkám konkrétních vizualizací časoprostorových dat, které jsou aplikovány na souboru dat, dostupných pro Euroregion Nisa. V závěru práce jsou tyto metody vyhodnoceny a je diskutováno jejich použití v atlase Euroregionu Nisa.

V zahraničí se tomuto tématu věnují specialisté, zejména z oboru informačních technologií a počítačové grafiky, ale vzhledem k jeho multidisciplinárnímu charakteru, se vizualizacím časoprostorových dat věnují i kartografové a geografové. V České republice se, z pohledu geografie, zabývá touto problematikou, např. prof. Vladimír Ira.

2. Cíle práce

Hlavním cílem práce je navrhnout kartografické metody pro vizualizaci časoprostorových dat v mapách Euroregionu Nisa.

Dílčí cíle:

Provedení rešerše odborné literatury a zdrojů.

Navrhnout 3 metody vizualizace časoprostorových dat.

Ověřit použitelnost zvolených metod vizualizací časoprostorových dat na datech Euroregionu Nisa.

3. Rešerše

Výchozí publikací pro bakalářskou práci je kniha *Visualization of Time-Oriented Data*, od autorů Wolfgang Aigner, Silvia Miksch, Heidrun Schumann, Christian Tominski, vydaná v roce 2011, která se zabývá problematikou vizualizací časově orientovaných dat. V úvodní teoretické části, kniha rozebírá pojem vizualizací obecně a představuje i množství historických příkladů reprezentace vizualizací. Jádrem knihy je prezentace systematického pohledu na časově orientovaná data, a tato část je doplněna názornými ilustracemi. Důraz je zde kladen na uživatelský pohled a diskutuje dvě zásadní otázky, proč data vizualizovat, a jak je vizualizovat. V závěru teoretické části se kniha zabývá podporou vizuálního zkoumání, technikami interakce a analytickými metodami vizualizací. Velká část této knihy je věnována strukturovanému průzkumu existujících technik pro vizualizaci času a časově a časoprostorově orientovaných dat. Celkem kniha nabízí 101 různých vizualizačních technik. Každá technika vizualizace je doprovázena ilustrací a odpovídajícími odkazy. Tato studie slouží jako referenční, pro vědce provádějící související výzkum, stejně jako pro odborníky, kteří hledají informace o tom, jak nejlépe vizualizovat data, aby získali nové pohledy.

Knihou *Mapping Time: Illustrated by Minard's Map of Napoleon's Russian Campaign of 1812*, od Menno-Jan Kraak, vydaná v roce 2014, se věnuje mapování času. Téměř polovina knihy je věnována analýze Minardovy mapy, vydané roku 1869, na které je zachycen průběh tažení Napoleonovy armády do Moskvy. Mimo zmíněné konkrétní vizualizace, rozebírá kniha i další Minardovy mapy a grafiky a poukazuje na mnohé historické souvislosti. Další část knihy se zabývá popisem času a prostoru v mapách. V závěrečné části Kraak používá, k vizuální analýze dat, různé metody vizualizace, které detailně popisuje. Všechny přístupy a metody vizualizací jsou názorně demonstrovány na konkrétních příkladech z Napoleonova tažení. Kniha funguje také jako úvod do kartografie a vizualizací, na základě Bertinových principů a diskutuje odlišné přístupy k vizualizaci dat. Nabízí i ukázky špatných vizualizací a poukazuje na důvody jejich neúspěchu.

Základní kartografické přístupy k vizualizaci časoprostorových dat jsou zmiňovány v knize *Cartography: visualisation of spatial data* od autorů Menno-Jan Kraaka a

Ferjana Ormelinga (2010). Částečně se problematikou zabývají i čeští autoři Voženílek a Kaňok (2011).

Problematikou jednotlivých konkrétních vizualizací se zabývají autoři Shanbhag P., Rheingans P., Desjardins M. (2005) nebo Kraak (2003).

Průzkumu časoprostorových dat se věnují autoři Andrienko N. a Andrienko G. (2006), kteří detailně popisují systém přístupů, technik a metod ke zkoumání časových a prostorových informací. Definují typologii vizualizačních přístupů, kterou lze využít k výběru vhodné vizualizace pro daný soubor dat.

4. Čas

Čas jako základní fenomén byl vždy v popředí zájmu lidstva. Mnoho odlišných teorií snažících se určit fyzickou dimenzi času bylo rozvíjeno a diskutováno tisíce let ve filozofii, matematice, fyzice, astronomii, biologii a v dalších disciplínách. J. T. Fraser, uznávaný odborník na mezioborové studium času, provedl v roce 1981 průzkum literatury a zjistil, že počet záznamů, které lze považovat za potencionálně relevantní pro systematické studium času dosáhl 65 000. To jen potvrzuje, že čas je nevidaný fenomén zasahující do všech odborů lidské činnosti a je obrazem úsilí člověka odhalit jeho tajemství.

Dvě nejuznávanější vědecké teorie o podstatě času jsou založeny na pojetí absolutního času Newtonem a Einsteinovým čtyřrozměrným časoprostorem. Newton předpokládá absolutní, skutečný, matematický čas, který existuje sám o sobě a není závislý na ničem jiném. Spolu s prostorem připomíná kontejner, ve kterém se odehrávají všechny procesy v přírodě. Obraz absolutní a nezávislé dimenze převládal až do počátku 20. století. Tehdy Einsteinova teorie relativity vyvrátila tento koncept myšlenkou, že čas závisí na pozorovateli. Einstein představil pojem časoprostor, kde prostor a čas jsou neodmyslitelně spojeny a nemohou být odděleny. To znamená, že každá událost ve vesmíru probíhá ve čtyřrozměrném prostoru. Místo je definováno třemi prostorovými souřadnicemi a čtvrtou dimenzí je čas. Společné oběma teoriím, Newtonově i Einsteinově, je myšlenka, že čas je základní vlastností vesmíru (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011). V 21. století se ovšem posouváme v myšlenkách o času – časoprostoru a vysvětlení podstaty vesmíru, dále. Mnoho uznávaných fyziků se snaží spojit Einsteinovu teorii relativity a kvantovou mechaniku v teorii strun. Jsou však ovšem i tací, kteří se nebojí zaujmout k celé problematice zcela jiný přístup. Například Erik Verlinde, jehož hypotéza vychází z teorie holografického vesmíru a nebo Julian Barbour, který se dokonce odvažuje tvrdit, že čas vůbec neexistuje. Přes to, že se lidstvo zkoumáním času, časoprostoru, podstaty všeho zabývá již dlouhou dobu, stále nenachází jednoznačně uspokojivou odpověď. Naopak se zdá, jako by se odpověď s narůstajícím poznáním spíše vzdalovala. V kontrastu se samotnou podstatou času stojí čas, který Newton nazývá relativním, tedy čas jak ho vnímá a určuje člověk na základě pozorování pohybu nebeských těles nebo jevů v přírodě.

Prvními záznamy systematického sledování času jsou jednoduché kalendáře založené na pozorování cyklu měsíce v podobě rytin na kostěných pozůstatcích. Základem většiny

kalendářů se stala nejsnáze pozorovatelná jednotka času jeden den, která je zároveň nejmenší pozorovatelnou jednotkou, kterou je člověk schopen vnímat bez pomoci nástrojů. Komplexnější kalendáře se objevují s v době, kdy se člověk usadil a jeho primárním způsobem obživy se stalo zemědělství. Tato změna způsobu života přinesla i novou potřebu znalosti o běhu času. Avšak po značně dlouhou dobu lidské historie byl čas počítán jen velmi přibližně. Jak uvádí Kraak (2014) další zpřesňování času nastalo až s nástupem éry námořních výprav. Zeměpisnou šířku lze snadno určit pomocí postavení hvězd, ale určení zeměpisné délky bylo pro tehdejší mořeplavce složité. Na začátku 18. století sestavil John Harrison chronometr dostatečně odolný a schopný přesně měřit čas a snadno tak určit zeměpisnou délku i uprostřed oceánu. Průmyslová revoluce, stěhování obyvatelstva do měst a rozvoj dopravy sebou nesly potřebu přesnějšího určení času než kdykoli před tím. Během 19. století proběhly dvě zásadní události, které měly vliv na určování světového času jak jej známe a chápeme dodnes. První bylo určení Greenwichského poledníku jako nultého, základního poledníku, od kterého se počítá zeměpisná délka, a následné zavedení časových pásem. Druhou významnou událostí bylo přijetí dnes nejrozšířenějšího Gregoriánského kalendáře zavedeného úpravou Juliánského kalendáře papežem Řehořem VIII. již v roce 1582. Avšak některé země, jako například Rusko, přijaly tento kalendář až na počátku 20. století. Kromě Gregoriánského kalendáře se používá i mnoho dalších, jako například Islámský, Židovský, Čínský ale také třeba akademický nebo finanční. Stejně, jako druhů kalendářů, existuje i celá řada časových stupnic určujících nepřírozené časové jednotky (např. sekundy, minuty, éry, atd.), jako je atomový čas, solární čas, siderický čas nebo geologický čas.

Postupem času tak určování přesnosti času získává na důležitosti v čím dál více odvětvích lidské činnosti včetně k již zmiňované navigaci v prostoru (dnes pomocí GNSS) a mnoha dalších, což jen potvrzuje to, že čas je opravdu nevídaným fenoménem. Následující text je zaměřen na geografické modelování času a dat používaného při tvorbě vizualizací v prostředí počítačových systémů.

4.1 Modelování času

Podle Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011) je třeba jasně rozlišovat mezi fyzickou dimenzí času a modelováním času v informačních systémech. Při modelování času v informačních systémech není cílem dokonale napodobit fyzický rozměr času ale zvolit takový časový model, který bude co nejlépe vystihovat vybraný jev a umožňovat jeho následné analyzování, které umožní hledat odpovědi na složitější typy dotazů. Avšak Frank (in Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011) uvádí, že neexistuje jediný správný model nebo taxonomie času. Lze tedy používat mnoho přístupů, jak modelovat čas v informačních systémech. Z tohoto důvodu je k výběru vhodné metody modelování času přistupováno podle specifických nároků konkrétní úlohy. Byl proveden rozsáhlý výzkum s cílem formulovat pojem čas pro různá odvětví výpočetní techniky, jako jsou oblasti umělé inteligence, data miningu, simulací, modelování, databází a dalších. Z těchto výzkumů vzešlo množství teorií pro dané oblasti, problémem je ovšem nejednotná terminologie a proto není vždy možné tyto poznatky využít v problematice vizualizací. Jak také zmiňuje Goralwalla et al. (in Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011), většina výzkumů je zaměřena na vývoj specializovaných modelů s různými funkcemi pro konkrétní oblasti. Můžeme ovšem zaznamenat i snahy o zachycení hlavních konstrukčních aspektů společných pro většinu časových modelů vytvořených pro specifické účely, které popisují někteří autoři (např. Frank 1998, Goralwalla et al. 1998, Peuquet 2002, Furia et al. 2010). Následující text je zaměřen na konstrukční koncepty modelování času a jejich vlastnosti, které jsou společné mnoha konkrétním modelům z různých oborů informačních technologií, které lze použít při vizualizaci časově orientovaných dat.

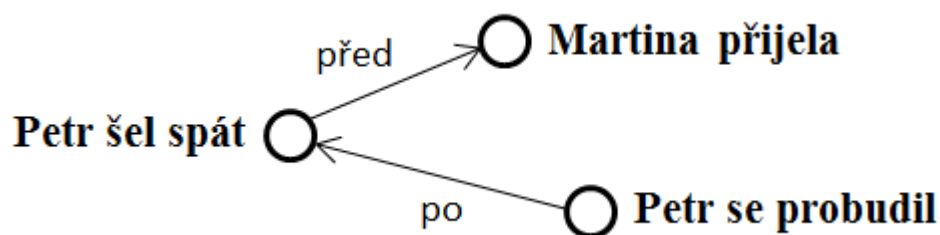
4.2 Principy modelování struktury času

Principy modelování různých typů času definovali Frank (1998) a Goralwalla et al. (1998).

4.2.1 Stupnice času

4.2.1.1 Ordinální stupnice

Podle Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011), v ordinální stupnici jsou události vyjádřeny pouze v relativním pořadí, víme tedy pouze, jestli se daná událost stala před nebo po určité události. Například z prohlášení: „Petr šel spát před tím, než přišla Martina“ a „Petr se probudil po několika minutách spánku“, takovéto případy lze modelovat pomocí ordinální stupnice. Je patrné, že se jedná pouze o relativní prohlášení, ze kterých nelze jasně rozeznat, zda se Petr probudil před nebo po Martinině příjezdu (viz obr. 1). Toto lze použít v případě, že nám stačí určení pouze kvalitativních časových vztahů mezi událostmi nebo v případě kdy žádné kvantitativní informace nemáme k dispozici.

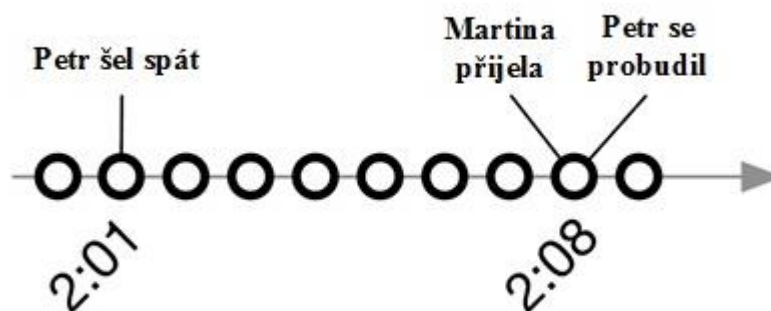


Obr. 1: **Ordinální stupnice.** Z ní můžeme určit pouze relativní pořadí vztahů. Na této úrovni není možné rozeznat, zda událost definovaná prohlášením „Petr se probudil“ nastala před nebo po příjezdu Martiny. (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

4.2.1.2 Diskrétní stupnice

V případě diskrétních stupnic lze jasně vymezit čas jednotlivých událostí, avšak časové hodnoty jsou mapovány na množině celých čísel, což ale znemožňuje seřadit události,

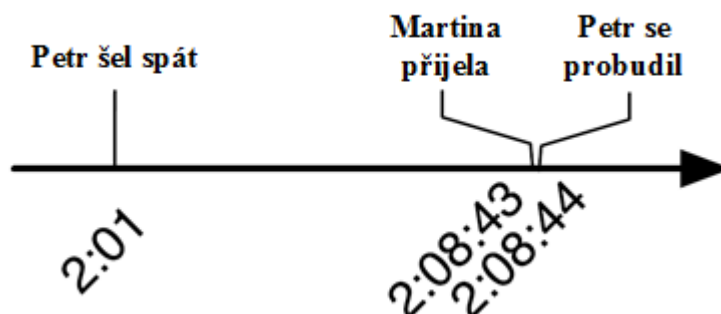
které se odehrály ve stejný okamžik (viz obr. 2). Diskrétní stupnice umožňují zaznamenávat události ve velmi podrobných časových jednotkách (sekundy, milisekundy) a tím teoreticky tento problém kompenzovat (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).



Obr. 2: **Diskrétní stupnice.** Umožňuje sledovat sled událostí velmi podrobně, pokud ale Martina přijela a Petr se probudil ve stejnou minutu, není možné modelovat přesné pořadí událostí. (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

4.2.1.3 Kontinuální stupnice

Spojité časové modely jsou charakteristické možností mapovat události na osu reálných čísel, což znamená, že stejně jako v reálném světě je možné zaznamenat mezi dvěma body v čase další bod, který definuje posloupnost událostí (viz obr. 3), (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).



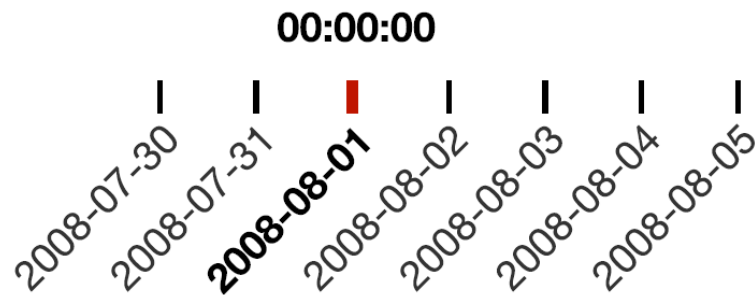
Obr. 3: **Kontinuální stupnice.** Mezi libovolnými dvěma časovými body kontinuální stupnice existuje další, což umožňuje modelovat situaci, Martina přijela chvíli před tím, než se Petr probudil. (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

4.2.2 Časový rozsah

Druhým základním elementem při modelování času je vymezení struktury časové domény.

4.2.2.1 Vymezení rozsahu bodem

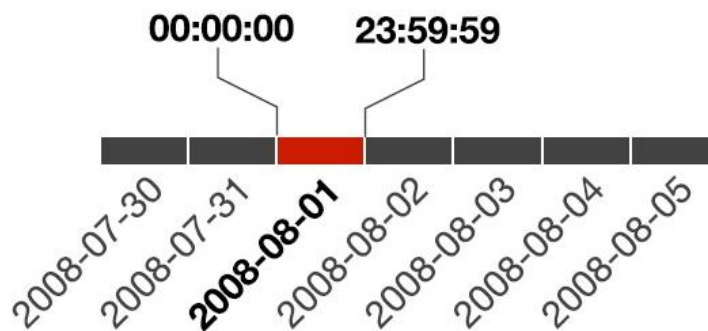
Toto vymezení odpovídá diskrétnímu vymezení bodu v Euklidovském prostoru. Jeho časový rozsah odpovídá nule, což znamená, že nejsou k dispozici žádné informace o oblasti, která se nachází mezi dvěma body v čase (viz obr. 4) (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).



Obr. 4: **Rozsah času vymezený bodem.** Časová hodnota domény vymezená 1. srpnem 2008 může obsahovat pouze informaci vztahující se k tomuto bodu. (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011)

4.2.2.2 Vymezení rozsahu intervalem

Oproti tomu interval pokrývá i časovou oblast mezi dvěma body a časový rozsah takovéto domény může být větší než nula. Tento jev je úzce spojen s problematikou zrnitosti času, která je blíže rozebírána v kapitole 4.3.1 (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).



Obr. 5: **Rozsah času vymezený intervalem.** Doména prvku 1. srpen 2008 je definována intervalem. Každý prvek času obsahuje interval, který může nabývat hodnot v daném rozsahu. (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011)

4.2.3 Uspořádání času

4.2.3.1 Lineární

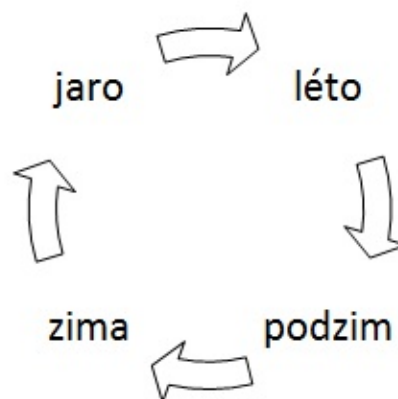
Lineární upořádání času (viz obr. 6) se nejvíce podobá tomu, jak čas jako lidé vnímáme a jak o něm uvažujeme, tedy, že čas plyne lineárně z minulosti do budoucnosti. Každý prvek času je jedinečný a nachází se mezi prvkem předcházejícím a následujícím (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).



Obr. 6: **Lineární znázornění času.** (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011)

4.2.3.2 Cyklické

Podle Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011) je Periodicita velmi častou vlastností u různých druhů dat, např. sezónní proměny, měsíční průměr ad. V cyklickém uspořádání času obsahuje doména sadu opakujících se časových hodnot např. roční období (viz obr. 7). U cyklických dat často nastává situace, kdy se časová hodnota ve stejný moment překrývá s časovou hodnotou z předcházejícího cyklu. Pro zachování smysluplnosti časových vztahů navrhuje Frank in Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011) využít vztahu cyklické a lineární časové řady. Striktně cyklická data, kde není zachován lineární průběh času z minulosti směrem do budoucnosti, jsou velmi vzácná, avšak mohou nastat, jako příklad můžeme uvést záznamy dnů v týdnu, které neberou v úvahu měsíce nebo roky. Proto se kombinace cyklického a lineárního průběhu časových dat, tzv. sériově periodická data (např. průměrné měsíční teploty v letech), používají mnohem častěji.



Obr. 7: **Cyklické znázornění času.** (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

4.2.4 Způsoby řazení událostí

4.2.4.1 Uspořádaný čas

Uspořádaný čas domény předpokládá, že události se dějí jedna po druhé. Na podrobnější úrovni můžeme rozlišovat mezi částečně uspořádanou doménou a zcela uspořádanou doménou. Ve zcela uspořádané doméně může být jedna událost zaznamenána pouze pro jeden prvek času.

4.2.4.2 Větvení času

Tento koncept nabízí jiný pohled na řazení dat, umožňuje porovnávat alternativní scénáře např. při plánování projektu (Kraak 2014). Způsob větvení podporuje proces rozhodování, přičemž ale vždy dojde k uskutečnění pouze jedné z variant. Je to vhodný způsob, který lze použít při rozhodování o budoucích alternativách (viz obr. 8) nebo při zkoumání minulosti, kdy lze sledovat možné příčiny, které vedly k danému rozhodnutí (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).



Obr. 8: Větvení času. Alternativní scénáře pro stěhování do nového obytného prostoru.

(zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

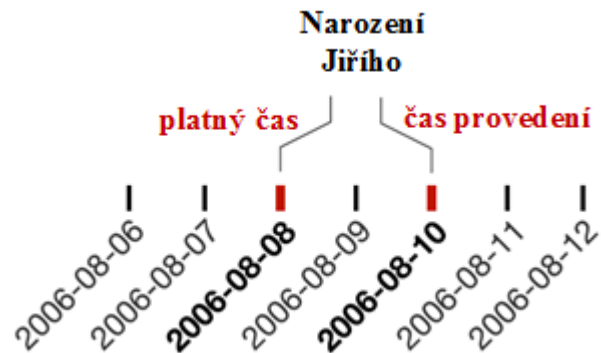
4.2.4.3 Více perspektivní čas

Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011) uvádějí, že na rozdíl od větvení času, ve kterém se uskuteční vždy pouze jedna z možných alternativ, dokážou vícenásobné perspektivy usnadnit simultánní pohled na čas, a to i v případě, že jsou tyto souběžné perspektivy v rozporu, čehož lze využít např. v případě strukturování výpovědí očitých svědků.

Více perspektivní časové modely využívají také stochastické iterační simulace. V rámci jednoho experimentu je možné dosáhnout zcela odlišných výstupních datových posloupností v závislosti na dané inicializaci.

V časových databázích rozlišujeme dva časové pohledy, čas platnosti a čas provedení, které jsou často modelovány způsobem znázorněným na obr. 9. Platný čas určuje okamžik, kdy se událost stala, např. Jiří se narodil 8. srpna 2006. Časem provedení označujeme moment, kdy byla tato informace uložena do databáze.

Více perspektivní pohledy je často potřeba stlačit do jediného konzistentního pohledu v čase, konkrétní příklady uvádí např. Wolter, Assenmacher, Hentschel, Schirski, Kuhlen (2009).



Obr. 9: **Více perspektivní pohled.** Jiří se narodil 8. srpna 2006, platný čas. Uložení informace do databáze proběhlo o dva dny později 10. srpna 2006, čas provedení). (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

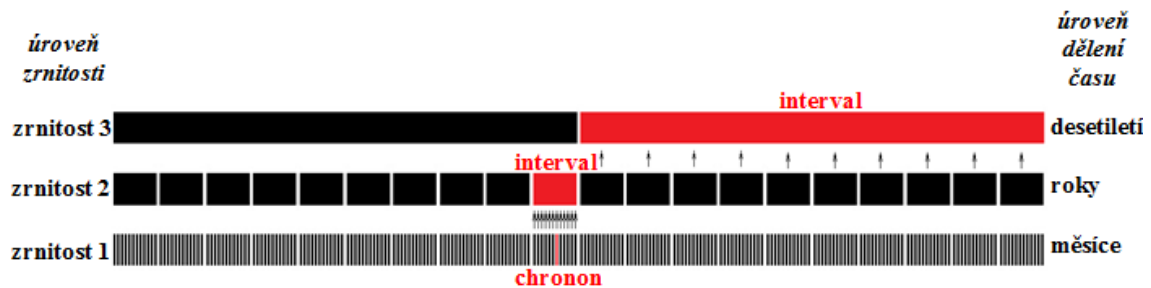
Oba modely, větvení času i více perspektivní, odráží potřebu zabývat se pravděpodobností nebo nejistotou. Z jejich podstaty je možné určit např., která alternativa bude nejpravděpodobněji uskutečněna nebo které důkazy jsou uvěřitelné (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).

4.3 Systém třídění času a topologie času

4.3.1 Systémy třídění času a jejich vztahy

Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011) uvádějí, že čas je příliš komplexní, a proto pro byl zaveden systém různých vzájemně korespondujících úrovní dělení do intervalů. Různé úrovně dělení času vytvořil člověk na základě svých každodenních potřeb (měsíce, týdny, dny, hodiny, minuty). Pokud na různých úrovních času existují

vzájemné vztahy mezi intervaly, označujeme tuto možnost dalšího dělení jako zrnitost. Uvedený systém funguje na principu, který je naznačen na obr. 10.



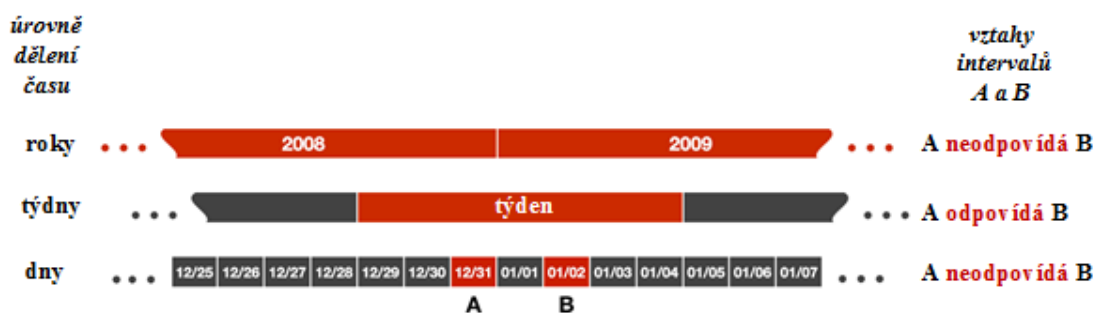
Obr. 10: **Příklad víceúrovňového dělení času.** Nejmenší jednotka zvaná chronon odpovídá jednomu měsíci. Zrnitost umožňuje interval 1 roku definovat 12-ti po sobě jdoucími intervaly, měsíci. Hrubší úroveň zrnitosti můžeme sledovat v případě začleňování 10 ti po sobě jdoucích intervalů do intervalu desetiletí. (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

Umožňuje-li model sledovat i vztahy mezi více úrovněmi dělení času, pak označujeme tento systém třídění času za víceúrovňový.

V případě, že model podporuje pouze jednu úroveň dělení, pak se jedná o třídění prosté. Třetí systém třídění umožňuje zaznamenávat čas pouze abstraktním pojmem např. okamžik.

Většina informačních systémů, zabývajících se časově orientovanými daty, pracuje s těmito daty na principu diskrétního modelování času. Tyto modely používají většinou co nejmenší možnou úroveň dělení času (např. Java date class používá milisekundu). Základní, dále nedělitelnou jednotku v rámci jedné úrovně času nazýváme chronon. Řada těchto nerozložitelných po sobě jdoucích časových intervalů stejné délky umožňuje jednoduše znázornit jakýkoli okamžik počtem chrononů vzhledem k referenčnímu bodu. Chronony mohou být seskupeny do větších případně i menších intervalů v rámci jiné úrovně, které se vzhledem k vlastnosti označované jako zrnitost vytvářejí časovou podmnožinu domény. Princip zrnitosti umožňuje agregovat intervaly z jedné úrovně do intervalu jiné úrovně času. Většinou se jedná o začleňování intervalů jemnější zrnitosti do intervalů hrubší zrnitosti (např. interval 60-ti po sobě jdoucích sekund můžeme včlenit do intervalu 1 minuta). Využívání principu zrnitosti má ovšem

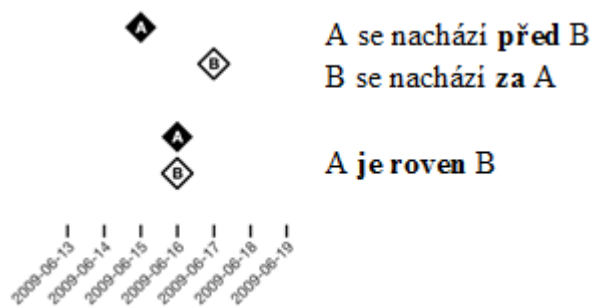
svá úskalí. Z tohoto důvodu je nutné rozlišovat zrnitost pravidelnou a nepravidelnou. Jako příklad pravidelné zrnitosti lze uvést např. vztahy mezi dnem, hodinou a minutou. Typickým systémem víceúrovňového třídění času je např. Gregoriánský kalendář dělící čas na den, měsíc a rok. Nepravidelnou zrnitost lze v tomto případě demonstrovat vztahem měsíců a dní. Všechny měsíce totiž nemají stejný počet dnů a tím dochází k narušení principu pravidelné zrnitosti. Zrnitost mezi úrovněmi závisí také na vzájemných vztazích mezi nimi. Příklad kdy tento vztah není rovný, můžeme vidět na obr. 11. Oba výše zmiňované problémy týkající se správy času pomocí systému kalendáře se dají celkem snadno vyřešit pomocí konverze, kterou umožňuje většina jazyků databázových systémů.



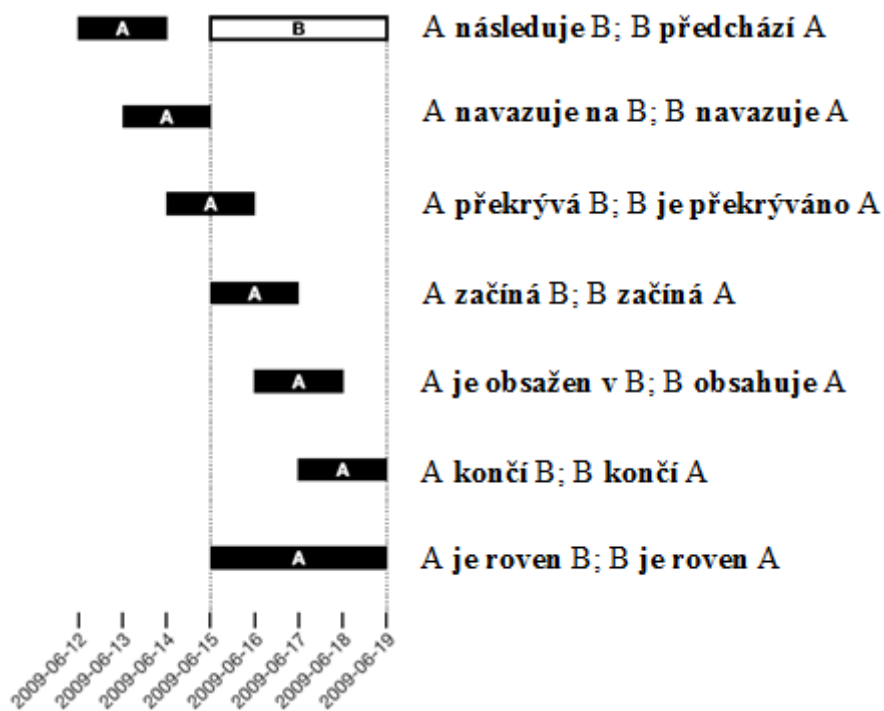
Obr. 11: Nerovnost vztahů různých úrovní zrnitosti. Intervaly A a B nejsou na úrovni dnů shodné a v případě úrovně týdne spadají do jednoho týdne, avšak na úrovni let nespádají do stejného roku. (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

4.3.2 Topologie času

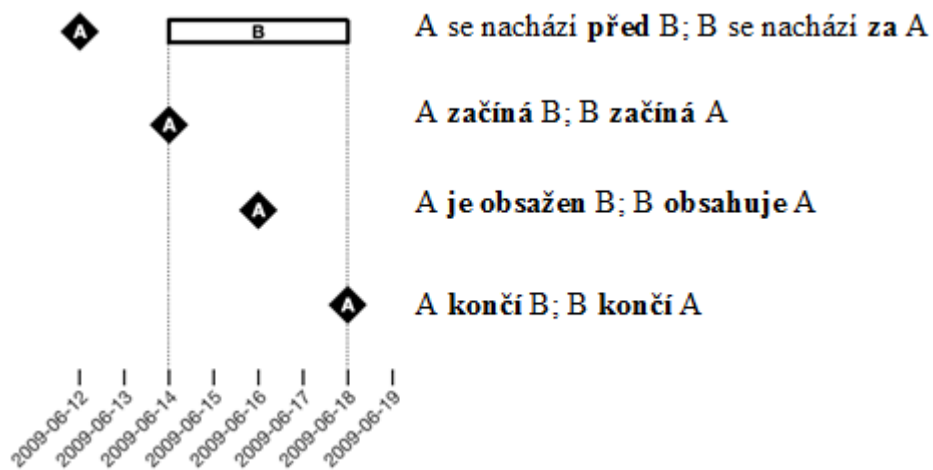
Kraak (2014) definuje topologii času jako relativní vztahy mezi jednotlivými událostmi. K základnímu vnímání času vzhledem k okamžiku lze přistupovat třemi různými způsoby (viz obr. 12), čímž určíme základní vztahy mezi dvěma body v čase. Tohoto výchozího předpokladu je následně využito k určování relativních vztahů mezi dvěma prvky času. Topologii tak můžeme určovat buď pro dva intervaly (viz obr. 13) a nebo můžeme sledovat vztah intervalu a bodu v čase (viz obr. 14). Tyto vztahy jsou zvláště důležité v úvahách o čase (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).



Obr. 12: **Výchozí topologie času sledující vztah dvou bodů.** (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)



Obr. 13: **Topologie intervalů.** (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)



Obr. 14: **Topologie bodu a intervalu.** (zdroj: Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011, upraveno)

5. Prostor

Definovat prostor je poměrně obtížné a v minulosti se o to pokoušelo mnoho filozofů a vědců (viz obr. 15). V obecném pojetí můžeme na prostor nahlížet jako na abstraktní nebo reálný fyzikální, který známe z běžného života (Rapant 2006). Následující text je proto výhradně zaměřen na abstraktní pojetí prostoru.

427-347 př. n. l	Platon uvádí, že vše může být redukováno na jednotlivé částice – tělesa pohybující se v prostoru.
384-322 př. n. l.	Aristoteles definuje prostor jako systém vztahů mezi materiálními objekty. To znamená, že poloha v prostoru je vlastností objektů. Všechny objekty jsou lokalizovány v prostoru, což je podmínkou jejich existence. Prostor je konečný.
450-380 př. n. l.	Euklides uvádí, že prostor je invariantní a skládá se ze vztahů mezi objekty.
1564-1642	Galileo uvádí, že prostor může být prázdný.
1596-1650	Descartes naproti tomu uvádí, že prostor není nikdy prázdný (díky svému těsnému vztahu k objektům). A dále uvádí, že jedinou věcí, kterou můžeme s určitostí vědět o objektech, jsou jejich geometrické vlastnosti. Hlavním atributem jakéhokoliv objektu je, že se nachází v prostoru.
1642-1727	Pro Newtona jsou prostor (a čas) určitým pozadím, na němž může být měřena dynamika fyzických objektů.
1879-1955	Einstein zavedl relativitu prostoru (a času).
současnost	Conclelis zavedla koncepci duality pole/objekt.

Obr. 15: Nástin historie vývoje pojetí prostoru. (zdroj: Gahegan in Rapant 2006)

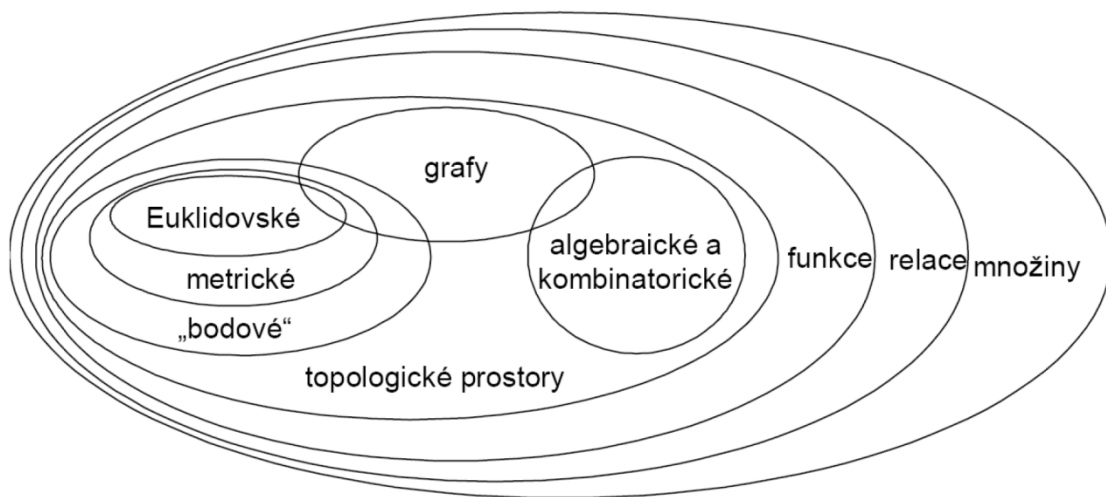
5.1 Koncepce prostoru

Postupem času se k chápání prostoru začalo přistupovat dvěma odlišnými způsoby, které byly označeny pojmy relativní a absolutní prostor. Relativní pojetí prostoru je založeno na konceptu vnímajícím prostor jako vlastnost objektů. V absolutním pojetí je prostor vnímán jako kontejner, kde lze určit polohu objektů a jejich vztahy. Tyto dva přístupy později vedly ke dvěma typům implementace známých jako diskrétní objekty reprezentované z výše uvedeného důvodu jako vektory a kontinuální pole znázorněné rastrem. Z tohoto důvodu, je zpracování přístupu k prostoru, na rozdíl od času, považováno za mnohem propracovanější (Raza 2001). Pro člověka je běžné, že pracuje s různými pojetími prostoru a běžně a bez obtíží mezi nimi přechází. Může tak volit

takové pojetí prostoru, které, nejlépe odpovídá řešenému úkolu (Rapant 2006). I když tato různá pojetí prostoru se v běžném životě používají bez nároku na jejich formální popis, při přechodu do prostředí počítačově orientovaných informačních systémů je formalizace nezbytná (Kolář in Rapant 2006).

5.2 Matematické prostory

Na obr. 16 je schematicky znázorněno hierarchické členění matematických prostorů. Na nejnižší úrovni je zde položeno pojetí prostorů jako množin objektů, které jsou bez jakékoliv vnitřní struktury. Uvnitř těchto množin je možné definovat pouze jednoduché vztahy typu členství. O stupeňk výše stojí podmnožina prostorů, umožňujících definovat relace mezi dvěma i více množinami. Tento celkem jednoduchý konceptuální model prostoru je využíván při práci s relačními databázemi. Podmnožinou konceptuálního prostoru relací je prostor funkcí, který umožňuje transformovat každého člena množiny (Rapant 2006).



Obr. 16: **Hierarchické členění matematických prostorů.** (zdroj: Albrecht, Kempainen in Rapant 2006)

Podle Rapanta (2006) topologické prostory, stojící opět o stupeňk výše, se poprvé přibližují k pojetí prostoru tak, jak je vnímán lidmi. Při pohledu na obr. 16 snadno

zjistíme, že se topologické prostory dělí na dvě základní skupiny, bodové a algebraické. Zatímco topologie bodů pracuje s okolím, algebraická topologie představuje základ grafů.

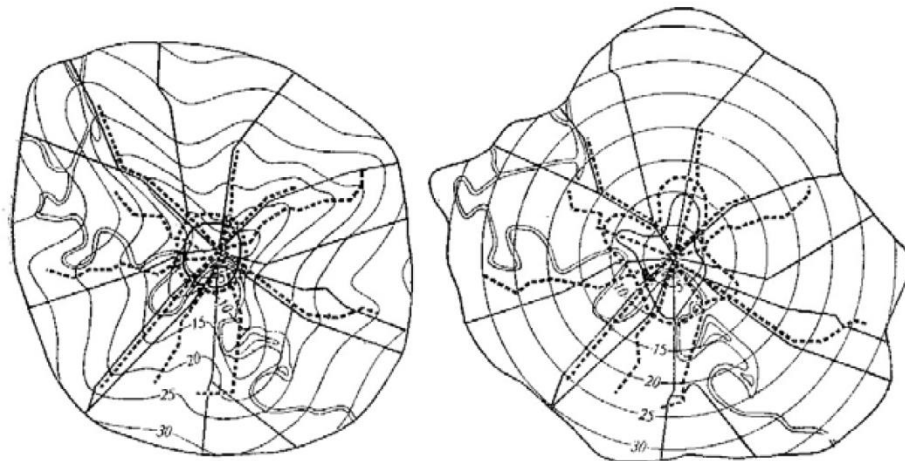
V topologickém prostoru, pracujícím s body, je definováno okolí. Pokud zavedeme do tohoto prostoru i vzdálenost dostáváme se do podmnožiny tzv. metrických prostorů. Metrické prostory musí splňovat některé podmínky, týkající se právě měření vzdáleností (viz kapitola 5.2.5). Euklidovský prostor, stojící na špici naší hierarchie, zavádí poslední důležitou vlastnost, a tou je směr.

Koncepce prostoru v geoinformačních systémech není jednoduchá a plně využívá oné výše naznačené šíře. Tyto systémy běžně pracují s celou řadou prostorů. Nejzákladnějším z nich je prostor, v kterém jsou definované geometrické vlastnosti geoprvků. Ten má nejbliže k reálnému fyzikálnímu prostoru. Prakticky vždy se jedná o Euklidovský prostor. Geometrické vlastnosti geoprvků jsou v něm popisované pomocí vhodného souřadnicového systému.

Většina dnešních geoinformačních systémů je koncipována pro práci s daty, jejichž poloha je definována v dvourozměrném prostoru, označovaném běžně zkratkou 2D. Používají tedy souřadnice x a y . Některé systémy sice umožňují zadávat ke geoprvkům i třetí souřadnici z , ale zaznamenávají ji jen jako jeden z atributů, a stejným způsobem ji i zpracovávají. Takové geoinformační systémy se obvykle označují jako 2.5D. Jen část z nich je schopná pracovat s geoprvkem zadanými všemi třemi souřadnicemi. V tom případě se jedná se o tzv. 3D systémy. Nicméně ani tyto geoinformační systémy neumožňují provádění 3D analýz v plném rozsahu.

Jedním z hlavních účelů geoinformačních systémů je provádění prostorových analýz. Tyto analýzy nemusí být nutně prováděné ve stejném prostoru, který je použit pro definování geometrických vlastností geoprvků. Například provádíme-li analýzu časové dostupnosti jednotlivých míst ve městě ze zadaného výchozího bodu, můžeme si výsledky znázornit v mapě izochron (viz obr. 17). Zůstali jsme tak v našem původním Euklidovském prostoru, kde se vzdálenosti měří v jednotkách délky. Výsledky je však možné vykreslit i tak, že se izochrony stanou soustřednými kružnicemi a základní mapa je odpovídajícím způsobem deformována. Přešli jsme do časového prostoru, kde se vzdálenosti již neměří jednotkami délky, ale času.

Jiným příkladem mohou být analýzy typu „Najdi v síti silnic nejkratší cestu z místa A do místa B“. Pro takovéto analýzy nepotřebujeme dokonce znát jakékoliv souřadnice, stačí nám znát jen tzv. „topologii silniční sítě“ (viz dále). Tím se s našimi prostorovými analýzami dostáváme do topologického prostoru“, kde, jak uvidíme dále, neexistuje žádný souřadnicový systém a neměří se zde vzdálenosti.



Obr. 17: **Mapa izochron.** Vlevo původní mapa znázorňující časovou dostupnost terénu z centra. Vpravo tatáž mapa transformovaná tak, aby izochrony byly reprezentované soustřednými kružnicemi (kruhová anamorfóza). (zdroj: Veverka in Rapant 2006)

Geoinformační systémy pracují s různými prostory. Jeden z nich lze považovat za základní, a tím je prostor, v němž je definována geometrická složka popisu geoprvků. Většinou se jedná o Euklidovský prostor. Avšak existuje zde i celá řada dalších prostorů. Existence více prostorů vede často k potřebě provádět transformace dat mezi těmito prostory (Rapant 2006).

5.2.1 Množiny

Podle Rapanta (2006) je pojetí prostoru na této úrovni je obvykle obtížně pochopitelné. V tomto případě samozřejmě nemluvíme o žádných souřadnicích a vzdálenostech, nýbrž jen o příslušnosti k určité množině objektů. V tomto případě je prostor, v němž se můžeme pohybovat, dán prvky resp. podmnožinami dané množiny, resp. množinami jako takovými. Polohu geoprvcu vyjadřujeme buďto příslušností do dané množiny,

nebo ztotožněním s prvkem dané množiny. Příkladem může být množina všech měst České republiky a dále podmnožiny hlavních měst, krajských měst; okresních měst; měst nad 10 000 obyvatel apod. Tato množina a její podmnožiny představují prostor měst České republiky. Pokud tedy budeme chtít pracovat s 5 městy, provádět s nimi různé analýzy apod., budeme se vždy pohybovat jen v rámci tohoto prostoru.

5.2.2 Relace

Prostor relací nás v tomto případě neomezuje na určitou množinu objektů, nýbrž na existující vztahy (relace) mezi množinami. Prostor, v němž se můžeme v tomto případě pohybovat, je tedy dán všemi relacemi (tj. podmnožinami kartézského součinu), které umožňují vyjádřit vztah mezi dvěma (nebo i více) danými množinami. S prostorem relací pracují například relační databázové systémy (Rapant 2006).

5.2.3 Funkce

Prostor, v němž se můžeme v tomto případě pohybovat, je dán všemi funkcemi resp. zobrazeními, které umožňují zobrazování prvků jedné dané množiny na prvky druhé dané množiny. Například v prostoru tvořeném všemi kartografickými zobrazeními, která umožňují zobrazit množinu bodů, reprezentujících zemský povrch, na množinu bodů, reprezentujících rovinu mapy, můžeme vybírat zobrazení, které odpovídá našim aktuálním požadavkům (Rapant 2006).

5.2.4 Topologický prostor

Topologie převádí pomocí grafů prostorové problémy do symbolické roviny, kde mohou být snadno vyřešeny. Výsledky zpracování se pak převádějí zpět do světa geometrie a souřadnic. Topologie tak umožňuje zefektivnit celou řadu klasických postupů prostorové analýzy, pro které manipulace se souřadnicovým popisem geoprvků představuje úzký profil. Topologie tak poskytuje silný nástroj pro manipulaci s fakty o prostorovém uspořádání geoprvků (Rapant 2006).

Jak uvádí Rapant (2006) je pro topologii je typické, že nepracuje se souřadnicemi objektů. Někdy se jí proto také říká „geometrie bez souřadnic“ (Herring in Rapant 2006). Studuje prostorové vztahy objektů, které mohou být definované nezávisle na souřadnicovém systému. Pracuje tedy s tzv. topologickým prostorem. V oblasti geoinformatiky se pojmem topologie označují zpravidla přímo prostorové vztahy geoprvků. Pro geoinformatiku má topologie jako matematická disciplína zvláštní význam. S její pomocí mohou být daleko snáze analyzovány a vizualizovány různé typy systémů, jako jsou obecné prostorové datové struktury a vztahy. V geoinformatice standardně pracujeme jen s topologií nejvýše dvourozměrných geoprvků, reprezentovaných body, liniemi a polygony. Řešení topologie třírozměrných geoprvků je stále ještě příliš obtížné na to, aby bylo zvládnutelné v rozumném čase i při použití dnešních relativně výkonných počítačů.

5.2.5 Metrické prostory

Význačnou vlastností metrických prostorů je možnost měření vzdáleností mezi libovolnými body prostoru. V různých prostorech lze přitom zavádět různé předpisy pro měření vzdáleností (tzv. metriky). Metrika musí obecně splňovat určité podmínky.

Množina M s takovou metrikou d je nazývána metrický prostor, který označujeme (M, d) . Prvky množiny M nazýváme body a její podmnožiny bodovými podmnožinami. Metrika je v podstatě zobecněním pojmu vzdálenost, a proto také číslo $d(A,B)$ nazýváme vzdáleností bodů A a B . Na téže množině bodů M můžeme definovat různé metriky. Jestliže metriky d a e jsou různé, pak ovšem i metrické prostory (M, d) a (M, e) jsou různé (Rapant 2006).

V prostředí geoinformačních systémů se nejčastěji používají dvě metriky:

- Euklidovská, určená pro měření vzdáleností v prostorech s kontinuálními souřadnicovými systémy,
- Manhattanovská, určená pro měření vzdáleností v prostorech s diskrétními souřadnicovými systémy a v prostorech, kde je možné se pohybovat pouze podél dvou navzájem kolmých sítí rovnoběžek.

Podle Rapanta (2006) ne ve všech prostorech, se kterými geoinformační systémy při prostorových analýzách pracují, jsou podmínky pro metrické prostory splněny. Například v příkladu s analýzou časové dostupnosti (viz obr. 17) lze snadno ukázat, že v našem „časovém“ prostoru tyto podmínky splněny nejsou.

5.2.6 Euklidovský prostor

Euklidovský prostor je matematickou abstrakcí a rozšířením „běžného“, zpravidla třírozměrného prostoru, v němž se odehrává náš každodenní život (Nicholls in Rapant 2006). Jako první se jím zabýval Euklides cca 300 let před naším letopočtem. Sestavil systém postulátů a definic, z nichž byly odvozeny teoremy geometrie, které byly používány od nepaměti měřiči, konstruktéry, stavaři.

V 17. století zavedl Descartes (1596-1650) do Euklidovského prostoru pravoúhlý souřadnicový systém (kartézský) a umožnil tak propojení geometrie s aritmetikou a algebrou. Tím otevřel i cestu ke zobecnění Euklidovského prostoru i na více než třírozměrné případy.

N -rozměrný kartézský souřadnicový systém v n -rozměrném Euklidovském prostoru E^n se skládá z n navzájem kolmých souřadnicových os, které se protínají ve společném počátku a používají stejné měrné jednotky. Každá uspořádaná n -tice reálných čísel (x_1, x_2, \dots, x_n) , kde $x_i \in \mathbb{R}$ definuje právě jeden bod v tomto souřadnicovém systému, a tím i v Euklidovském prostoru.

V Euklidovském prostoru je definována metrika pro měření vzdáleností. Je to tedy prostor metrický.

Euklidovský prostor lze také definovat jako množinu bodů M reprezentujících n -tice vzniklé kartézským součinem (přesněji kartézskou mocninou definovanou nad množinou reálných čísel \mathbb{R}). N -tice se pak označují jako souřadnice bodů množiny M .

Náš reálný svět popisujeme jako třírozměrný Euklidovský prostor (E^3), nicméně pro potřeby zobrazování v geoinformačních systémech ho zpravidla převádíme na prostor dvourozměrný E^2 . Využíváme k tomu celou řadu postupů, tzv. kartografických zobrazení (Rapant 2006).

6. Data

Data můžeme chápat jako informace, o určitém jevu, objektu nebo procesu, které shromažďujeme většinou za účelem jejich uchování, což nám nabízí možnost v nich hledat souvislosti, které nám pomáhají lépe rozumět struktuře světa kolem nás. Informační technologie umožnily tyto informace zaznamenávat v digitální podobě, ukládat je, shlukovat a strukturovat do databází. Nikdy v minulosti nebyla data sbírána, uchovávána, zpracovávána a prezentována v takovém rozsahu jako dnes.

6.1 Charakteristika časově orientovaný dat

Mluvíme-li obecně o časově orientovaných datech, pak máme podle Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011) na mysli všechna taková data, která jsou jakkoli spojená s časem. Přesněji se jedná o datové hodnoty spojené s časovou složkou. Přístupy k modelování času jsou rozmanité, viz kapitola 4. Přesto můžeme na vztah dat a času nahlížet dvěma základními způsoby. V prvním případě je čas viděn jako pozorovací prostor a datové hodnoty jsou uvedeny ve vztahu k němu. Ve druhém případě jsou data modelována jako objekty, které mají atributy spojené s časem.

6.2 Charakteristika geoprostorových dat

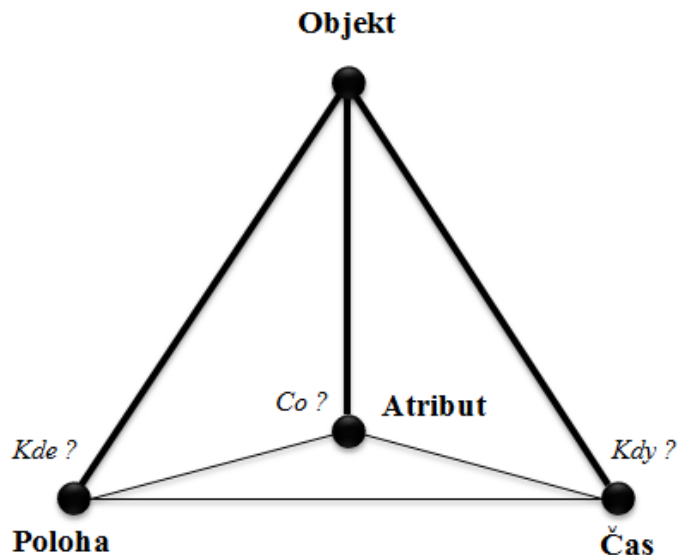
Geoprostorová data jsou reprezentována objekty nebo jevy s konkrétně vymezenou polohou v prostoru. Možnost určit přesnou polohu v prostoru pomocí zeměpisné délky, zeměpisné šířky a nadmořské výšky zásadně odlišuje geoprostorová data od jiných druhů dat (Kraak, Ormeling 2010).

6.3 Časoprostorová data

Časoprostorová data vznikají spojením principů geoprostorových data a časově orientovaný dat, způsobem uvedeným v následující kapitole.

6.3.1 Modelování časoprostorových dat

Podle Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011) a podle Kraak, Ormeling (2010) je nejvhodnější koncepcí pro modelování časoprostorových dat tzv. trojúhelníkový model, sestavený na kognitivních principech. Tento model je založen na třech základních dotazech, které, mimo jiné, definují strukturu časoprostorových dat. Určení polohy v prostoru lze definovat zodpovězením dotazu „Kde?“. Na časovou informaci získáme odpověď, položíme-li si otázku „Kdy?“. Dotazem „Co?“ získáme atribut. Tento základní trojúhelníkový model byl později rozšířen na pyramidální (viz obr. 18). Objekt je umístěn na vrcholu pyramidy, protože určuje znalost vyšší úrovně.



Obr. 18: Pyramidální model. (zdroj: Li 2010, upraveno)

Jak jsme si uvedli v úvodu, hledání souvislostech je základem pro analýzu, jejímž cílem je dosáhnout nového stupně poznání. Vhodnou kompozicí a kombinací dotazů (viz obr. 19) ze základního trojúhelníkového modelu lze získat další informace, které nám dovolují tento cíl naplnit.

$Kde? + Co? + Kdy? \longrightarrow Jestli?$

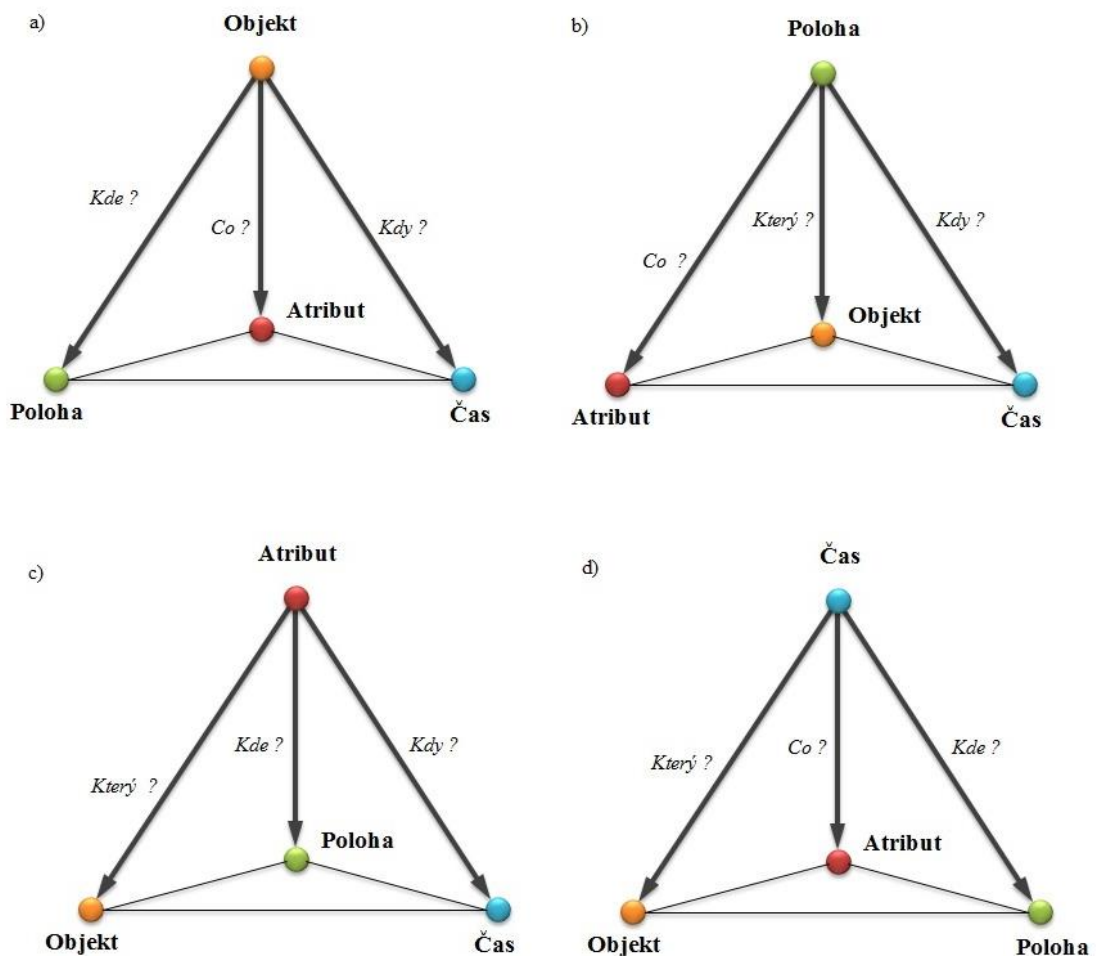
$Kde? + Co? + Jestli? \longrightarrow Kdy?$

$Kde? + Jestli? + Kdy? \longrightarrow Co?$

$Jestli? + Co? + Kdy? \longrightarrow Kde?$

Obr. 19: Kompozice časoprostorových dotazů. (zdroj: Peuquet in Kraak 2014, upraveno)

Andrienko a Andrienko (2006) dále uvádí, že základní dotazy mohou být pokládány z různých úhlů v závislosti na účelu analýzy. Rotací pyramidy (viz obr. 20) můžeme pokládat komplikovanější dotazy založené na otázkách uvedených na obr. 19. Proces tvorby dotazů je obousměrný, tudíž lze i komplikovanější dotaz rozdělit na základní dotazy. Pro každý výchozí moment v čase, každý objekt, každou polohu a každý atribut můžeme na základě tohoto modelu definovat ostatní potřebné parametry pro konkrétní soubor dat.



Obr. 20: Pokládání dotazů na objekt (a), polohu (b), atribut (c), čas (d). (zdroj: Li 2010, upraveno)

7. Vizualizace

Vizualizace je široce používaný termín. Vizualizovat, znamená formovat mentální model nebo obraz něčeho (Spence in Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).

Vizualizace je kognitivní aktivita podpořená externí vizuální reprezentací, ze které si příjemce vytváří interní mentální reprezentaci světa (Mazza, 2009)

V počítačové a informační vědě je na vizualizaci nahlíženo jako na metodu, která je schopna přetvářet symboly do geometrického rozměru, čímž umožňuje sledovat jejich simulace a výpočty. Vizualizace je metodou, která umožňuje vidět neviditelné, a proto obohacuje procesy vědeckých objevů a nabízí nové, nečekané pohledy (McCormick, 1987)

Vizualizace dat je proces zkoumání dat a informací po jejich převedení do grafické podoby. Jejím cílem je pochopení zkoumaných jevů a vniknutí do problému. Proto o vizualizaci mluvíme též jako o vizuální analýze dat. Na rozdíl od prezentační grafiky, která zobrazuje již známé informace, je vizualizace dat prostředkem k poznávání a pochopení dosud neznámých skutečností. Zatímco prezentační grafika je jen prostředkem usnadňujícím komunikaci, vizualizace dat je i prostředkem usnadňujícím vědeckou metodu zkoumání. (Sochor, Beneš, Felkel, Žára, 1997).

Přínosem, podle Schumann a Müller in Aigner, Miksch, Schumann, Tominski (2011), může být jen taková vizualizace, která splňuje tři základní kritéria, kterými jsou názornost, efektivnost a vhodnost. Abychom mohli vytvořit takovou vizualizaci, je třeba si odpovědět na dvě základní otázky jaká data a za jakým účelem chceme vizualizovat.

Názornost požaduje zobrazení přesně těch informací, které jsou obsažené v datech. Vizualizace nesmí obsahovat žádná data navíc, která by mohla být pro čtenáře matoucí.

Efektivita se zabývá otázkou, do jaké míry vizualizace odpovídá kognitivní schopnosti lidského zrakového systému a vhodnosti aplikace pro danou problematiku. Dále se také řeší míru znalosti souvislostí, které je potřeba mít, aby bylo možné vizualizované informace intuitivně rozpoznat a interpretovat.

Vhodnost je určována poměrem ceny a hodnoty vizualizace s cílem posoudit její přínos pro danou problematiku. Zatímco určit vizuální hodnotu reprezentace není snadné,

náklady související s jejím vznikem jako např. čas strávený výpočtem, lze poměrně snadno vyčíslit.

Názornost, efektivnost a vhodnost jsou kritéria, na která je vhodné se zaměřit. Jak je uvedeno výše, k vytvoření takovéto vizualizace je třeba zodpovědět dvě základní otázky.

Jaká data chceme vizualizovat? V posledních letech bylo vytvořeno několik různých přístupů k charakterizování dat určených k vizualizaci. Jako jeden z přístupů můžeme zmínit pyramidální koncept (obr. 18), založený na principu popsaném v kapitole 6.3.1. Z pohledu vizualizace je třeba vzít v úvahu všechny zmíněné aspekty.

Za jakým účelem chceme vizualizaci vytvořit? Tento dotaz se snaží zodpovědět otázku, proč mají být data vizualizována a jakému účelu má vytvořená vizualizace sloužit. Účel můžeme obecně rozdělit do tří fází: průzkumná analýza, konfirmační analýza a prezentace výsledků analýzy. Cílem průzkumné analýzy je nepřímou, pouze pozorováním, vyhledat ve vizualizaci relevantní informace, které budou následně sloužit k definování hypotéz. V konfirmační analýze již hovoříme o řízeném vyhledávání zkoumajícím vizualizaci na základě stanovených hypotéz. Třetí fáze se zaměřuje na prezentaci výsledků analýzy.

Další rozšiřující, avšak zásadní otázkou je, jakým způsobem data vizualizovat. Za účelem vytvoření efektivní vizuální reprezentace je třeba data transformovat do obrazové podoby odvislé jak od dat samotných, tak od potřeb konkrétní úlohy. Výchozí data je třeba převést do geometrického prostoru, kde je nutné jim přiřadit odpovídající vizuální atributy jako je např. barva, velikost nebo tvar (Aigner, Miksch, Schumann, Tominski 2011).

7.1 Geografická vizualizace

Podle Nöllenburg in Kerren, Ebert, Meyer (2006) geografická vizualizace hrála v lidské historii vždy důležitou roli, zejména ve vědách zabývajících se naukou o Zemi, a to dlouho před nástupem informačních technologií. Prvními geografickými vizualizacemi byly reprezentace reality zaznamenané pravěkými lidmi na stěnách skal, kostech nebo kamenech. Od této doby prochází kartografie jako věda i umění dramatickým vývojem

až do dnešních dnů. Informační technologie dnes využívají těchto poznatků a pomáhají tak tuto disciplínu dále rozvíjet. Pomocí informačních technologií tak můžeme tvořit a analyzovat informace, které bychom dříve vizualizovali jen velmi obtížně.

Nejužnavanější definici geografické vizualizace neboli geovizualizace nabízí Mezinárodní kartografická organizace (ICA): „Geovizualizace integruje přístupy k vizualizacím z různých oborů, jako jsou informační technologie, kartografie, analýza obrazu, vizualizace informací, průzkumná analýza dat, geografické informační systémy, teorie, metody a nástroje z těchto oborů umožňují vizuální průzkum, analýzu, syntézu a prezentaci geoprostorových dat“. Je tedy zřejmé, že výzkum v oblasti geografické vizualizace je multidisciplinární úkol.

7.2 Kartografická vizualizace

Nejběžnější způsobem vizualizace geoprostorových dat je vyobrazení těchto dat na ploše definované dvěma rozměry označované termínem mapa, znázorněná plocha je sestavená podle kartografických pravidel definující prostor souřadnicovým systémem. Data, do této plochy zobrazovaná, musí obsahovat atribut určující jejich polohou, která se musí shodovat se souřadnicovým systémem plochy, aby bylo možné datům přiřadit správnou polohu. Výsledkem spárování dat a plochy vzniká tzv. tematická mapa. Existuje množství metod, kterými lze data do prostoru zobrazit, těmito metodami se zabývá disciplína zvaná tematická kartografie. Metodami tematické kartografie jsou podle Voženílek, Kaňok (2011):

- metoda bodových znaků
- metoda liniových znaků
- metoda plošných znaků
- metoda teček
- metoda izolinií
- dasymetrická metoda
- metoda kartodiagramů
- metoda kartogramu (metoda kvantitativních areálů)

- metoda kartografické anamorfózy
- metoda kryptogramu

Všechny vyjmenované metody tematické kartografie definují způsoby, kterými je možné určitá data zobrazit v mapě na základě vyjadřovacích prostředků. Kartografickými vyjadřovacími prostředky jsou:

- bodové znaky
- liniové znaky
- plošné znaky
- grafy
- diagramy

7.2.1 Kartografické metody pro vyjádření dynamiky prostorových jevů

Pro vizualizaci digitálních dat vyjadřujících dynamiku prostorových jevů existuje řada metod tematické kartografie. Zkoumáním změn jevů v prostoru a zároveň v souvislosti s plynutím času se zabývají různé vědní disciplíny. Mnohé z nich uvádějí ve svých výzkumných pracích četné výsledky pomocí map. Tento fakt staví kartografii před nutnost, až nezbytnost, mít k dispozici metody, které umožní změny jevů v čase výstižně znázorňovat. Řada takových metod již existuje, ale výzkum v této oblasti není zdaleka ukončen (Card, MacKinlay, Shneiderman 1999, Ware 2000, Kapler, Wright 2004). Existující metody se budou nadále vylepšovat a zcela nové metody budou vznikat. Vizualizace dat popisující proces probíhající v čase je většinou náročný kartografický úkol. Z map lze zjistit maximálně tři rozměry prostorových jevů (objektů, procesů) — délku, šířku a výšku. Úkolem tematické kartografie je nabídnout metody pro znázorňování času jako čtvrtého rozměru jevu v mapách. Dynamika prostorového jevu je vlastnost jevu popisující jeho změny v průběhu určitého časového intervalu. Podle Voženílka a Kaňoka (2011) tyto změny (ve smyslu vývoje, trendu, rytmu, cyklu) mohou být prostorové (pohyb, rytmus, cyklus, přesun, šíření, územní rozčlenění či vývoj nebo trend, vč. rychlosti, směru apod.) nebo atributové (změna struktury, stavu, barvy, hodnot, počtu apod.). Podle nejvýstižnější slovní interpretace se volí

kartografická metoda pro její znázornění v čase. Nejprve se zjistí, jsou-li data vztažena k bodu nebo k ploše, a vyhodnotí se struktura dat zkoumaného a znázorňovaného jevu.

Pokud jsou data vztažena k bodu, volí se z nabídky tematické kartografie metody, které se zabývají znázorňováním jevů probíhajících v čase (konkrétně z grafů a diagramů). Umisťují se přímo do textu, nebo k bodu výskytu daného jevu v mapě. Pokud se jev vyskytuje v prostoru (v ploše mapy) a mění se v čase, je snahou vybírat z nabídky tematické kartografie takové metody, které by jasně ukázaly dynamiku prostorového jevu (např. pohybové linie). Cílem je vždy co nejlépe vystihnout vybranou metodou některé z výše uvedených slovních interpretací dynamiky jevu v mapě.

Rozdělení metod pro vyjádření dynamiky prostorového jevu lze provést podle různých kritérií, především podle výsledného znázornění na statické a dynamické. Statické metody (graf, diagram, mapa, tři a více map stejného území, kde se jev mění v čase) se aplikují dvěma různými způsoby podle umístění v kartografickém nebo obecně vědeckém cíle.

Tento způsob se uplatňuje především tehdy, kdy se data při vyjadřování dynamiky jevu vztahují k bodům. Využívají se schémata nebo grafy, zejména pro znázorňování závislosti dvou proměnných, z nichž jedna proměnná je čas (např. schémata časových soustav a grafy liniové, sloupcové, bodové, kruhové). Podobně se umisťují do textu grafy pro znázornění závislosti tří proměnných (grafy trojúhelníkové či pseudoprostorové).

Způsob vyjádření metody v mapě je předurčeno samotnou podstatou znázorňovaného jevu, tj. vyskytuje se v prostoru, a přitom se mění v čase. Výběr konkrétní metody je pak ovlivněn možnostmi metody znázornit pohyb, proces, vývoj, trend, změnu, rozvoj apod. v prostoru. Tematická kartografie nabízí řadu metod (od bodových, liniových a plošných znaků ke kvalitativním a kvantitativním areálům).

Dynamické metody pro znázornění dynamiky prostorového jevu (zejména animace v 2D i 3D) se používají především v digitálních vědeckých dokumentech, mapách či elektronických dokumentech (vč. webových stránek). Ve vědeckých pracích na webových stránkách se často využívají animace v 2D nebo 2D/3D. Dynamický prostorový jev lze vyjadřovat samostatnými, časově následnými mapami nebo animacemi. Mnoho animací lze spatřit na různých webových stránkách. Často

se například vyskytuje téma rozšiřování zástavby města po určené hranice (jako změna prostorového jevu v čase).

Voženílek a Kaňok (2011) dále uvádí, že zatímco dříve se kartografické metody pro vyjádření dynamiky prostorových jevů vyskytovaly jen ojediněle, v dnešní době se frekvence těchto metod zvyšuje. Důležitým aspektem, který ovlivňuje zvolení metod vyjadřujících časoprostorová data, je tematické zaměření kartografického díla. Dá se předpokládat, že počet použitelných metod k vizualizaci časoprostorových dat bude např. ve vojenském historickém atlase (obsahujícím časové průběhy válek) mnohem větší než v atlase cestovního ruchu.

Obecně platí, že čím je kartografické dílo specializovanější, tím může být počet map zabývajících se znázorněním dynamiky jevu menší. Souvisí to s vlastní potřebou znázorňování dynamických prostorových jevů a také s dostupností časových řad, statistických dat.

Nutnost dodržovat základní pravidla tvorby tematických map je u znázornění dynamiky jevů obzvláště důležité. Studium dostupné odborné literatury je klíčové. Velmi důležitým faktorem při tvorbě nebo výběru mapové metody pro znázornění dynamiky jevu je uživatel. Tvůrce si vždy musí uvědomovat, komu bude mapa předkládána.

8. Metody vizualizace časoprostorových dat

V předchozích kapitolách jsou uvedena teoretická východiska a principy pro tvorbu vizualizací časoprostorových dat. Aby došlo k naplnění cílů práce, budou se následující kapitoly věnovat tvorbě konkrétních metod vizualizací časoprostorových dat. Uvedené ukázky vizualizací jsou vytvořeny na základě požadavku ověřit vhodnost vybraných metod vizualizace časoprostorových dat na konkrétních datových sadách tematicky zaměřených na Euroregion Nisa. Problematice dat Euroregionu Nisa je věnována samostatná kapitola (viz kapitola 9). Uvedené metody byly vybrány s ohledem na otázky, definující přínos vizualizace (viz kapitola 7). Atlas Euroregionu Nisa by měl být určen zejména veřejnosti, stěžejním kritériem výběru proto byla efektivita vizualizace.

8.1 Časově orientované polygony

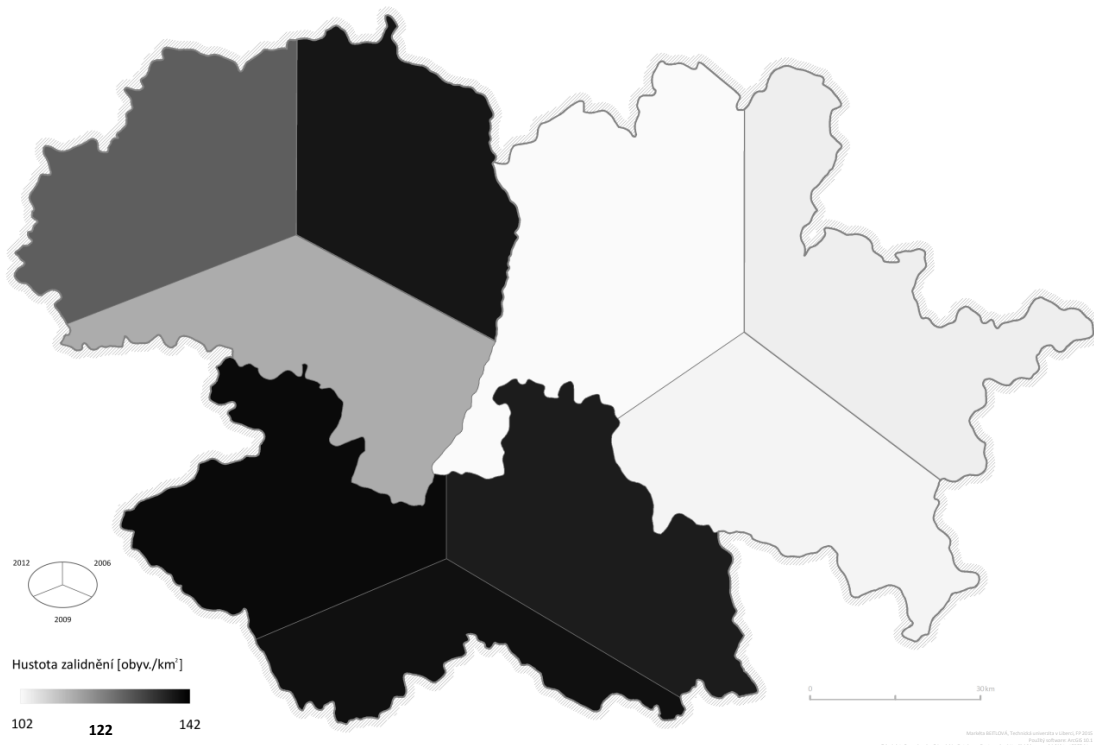
Podle Shanbhag, Rheingans, desJardins (2005) znalost vývoje jevu v čase může zásadně pomoci při plánování. K vizualizaci v čase proměnných dat se obvykle používá animace, avšak při použití této metody může docházet k vjemové slepotě. V případě animace je pozornost zaměřena pouze na jedno místo a pozorovatel tak není schopen vnímat proměnu ostatních prvků a získat tak komplexní pohled na vývoj daného jevu. Kromě toho animace zachycuje spíše změny v údajích a není z ní možné určit přesné změny hodnot za sledované období. Nevyjadřuje trend, a proto velké rozdíly v hodnotách mohou zůstat bez povšimnutí. Z tohoto důvodu je vhodnější volit metodu časově orientovaných polygonů.

Prostorová data, jako např. rozložení obyvatelstva, mohou být v regionu nerovnoměrně rozmístěna. Školy, stanice hasičského záchranného sboru a další služby, jsou omezeny svým umístěním. Průzkumná analýza k definování alokačního centra, pomocí níže zmiňovaných metod může být cenným nástrojem v územním plánování. Každá z uvedených metod časově orientovaných polygonů zobrazuje plynutí času jiným způsobem a má své výhody a nevýhody, záleží proto na povaze úkolu, který má řešit.

8.1.1 Metoda klínů (wedges)

Princip metody vychází z kognitivní schopnosti vnímání času na ciferníku analogových hodin, tj. určení času po směru hodinových ručiček nebo proti směru hodinových ručiček v závislosti na tom, zda čas přibývá nebo ubývá. Právě této schopnosti rozeznávání času využívá metoda klínů. Počátek měření času se nachází ve vertikální poloze, která odpovídá časovému údaji 12 hodin na ciferníku. Polygony jsou rozděleny do radiálních sektorů, které odpovídají počtu daných časových intervalů. Jednotlivé sektory vytváří prostor pro zobrazení míry dané hodnoty, kterou nabývají v určitém časovém úseku. Tyto sektory jsou za sebou seřazeny právě logikou ciferníku, kdy nejbližší časový úsek je znázorněn s počátkem na 12 hodině a následující časové údaje se za sebou řadí ve směru hodinových ručiček. Poslední časový údaj tedy končí taktéž na 12 hodině (Shanbhag, Rheingans, desJardins 2005).

Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012

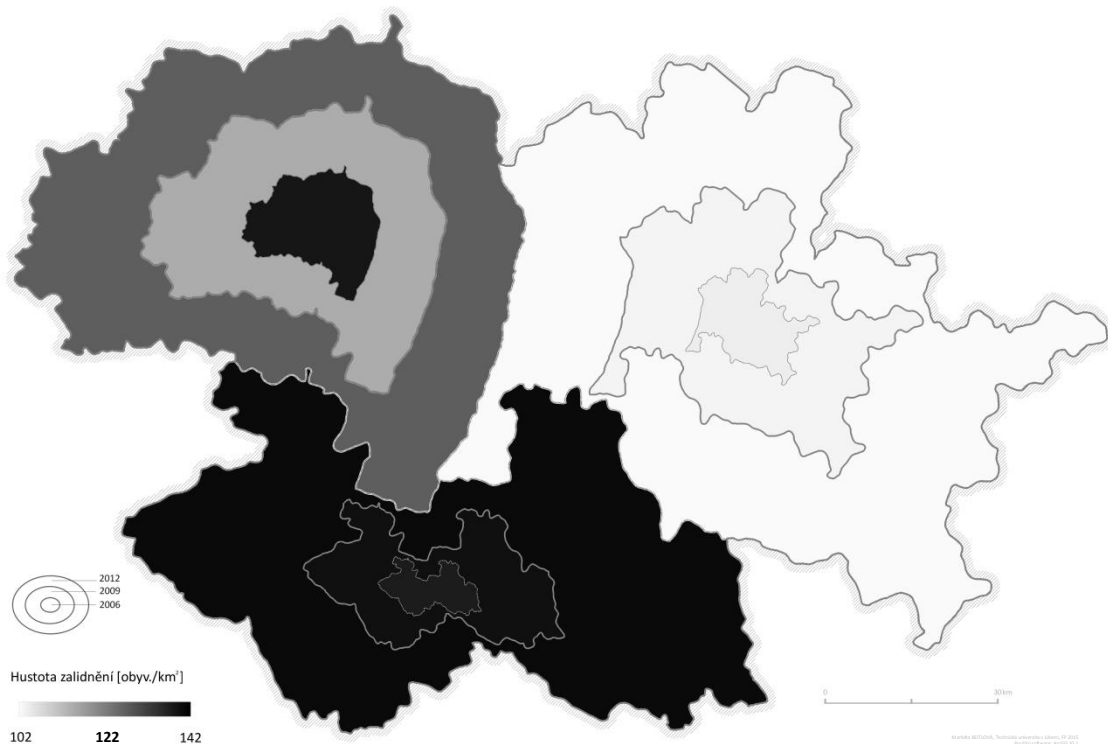


Obr. 21: Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012 metodou klínů Každý polygon je rozdělen to tří klínů, které odpovídají jednotlivým časovým vymezením. Nejvyšší sytost odpovídá sektoru s nejvyšším počtem obyvatel na kilometr čtvereční v daném roce. (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)

8.1.2 Metoda koncentrických kružnic (rings/tree ring)

Tato metoda vychází z myšlenky spirály, jejíž počátek se nachází v jejím středu a následně se kontinuálně kolem něho vytváří další kružnice. Jako přirovnání lze využít letokruhy stromů, kdy vnitřní kruh znázorňuje počátek růstu stromu a vzdálenější letokruhy odpovídají poslednímu nárůstu hmoty stromu, tedy poslednímu okamžiku v čase. Uspořádáním soustředných objektů v polygonu reprezentujeme údaje, které se řadí od nejstarších po nejmladší ve směru ven od středu polygonu. Počet kruhů odpovídá počtu časových intervalů. Zatímco při metodě klínů časové intervaly následují ve směru hodinových ručiček, v případě koncentrických kružnic jsou časové intervaly znázorněny radiálními kružnicemi (Shanbhag, Rheingans, desJardins 2005).

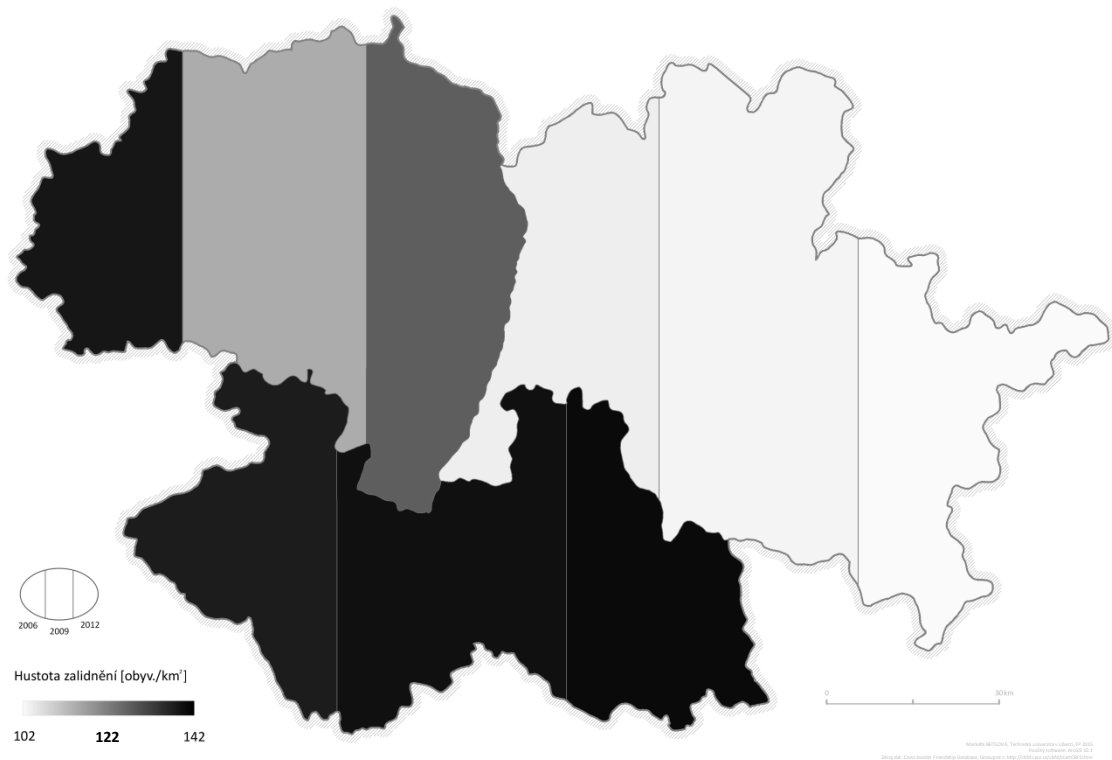
Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012



8.1.3 Metoda pruhů (slices)

Na lineární časové ose je plynutí času obvykle znázorňováno ve směru čtení, tj. zleva doprava. Použití této lineární interpretace času na horizontální ose je využito i v případě časově orientovaných polygonů. Tato technika rozděluje polygony na vertikální pruhy, kdy pruh nejvíce vlevo odpovídá nejvzdálenější časové události a pruh nacházející se naopak úplně vpravo odpovídá nejbližší časové události. Počet časových pruhů odpovídá počtu časových proměnných, které jsou v rámci polygonu zobrazovány.

Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012

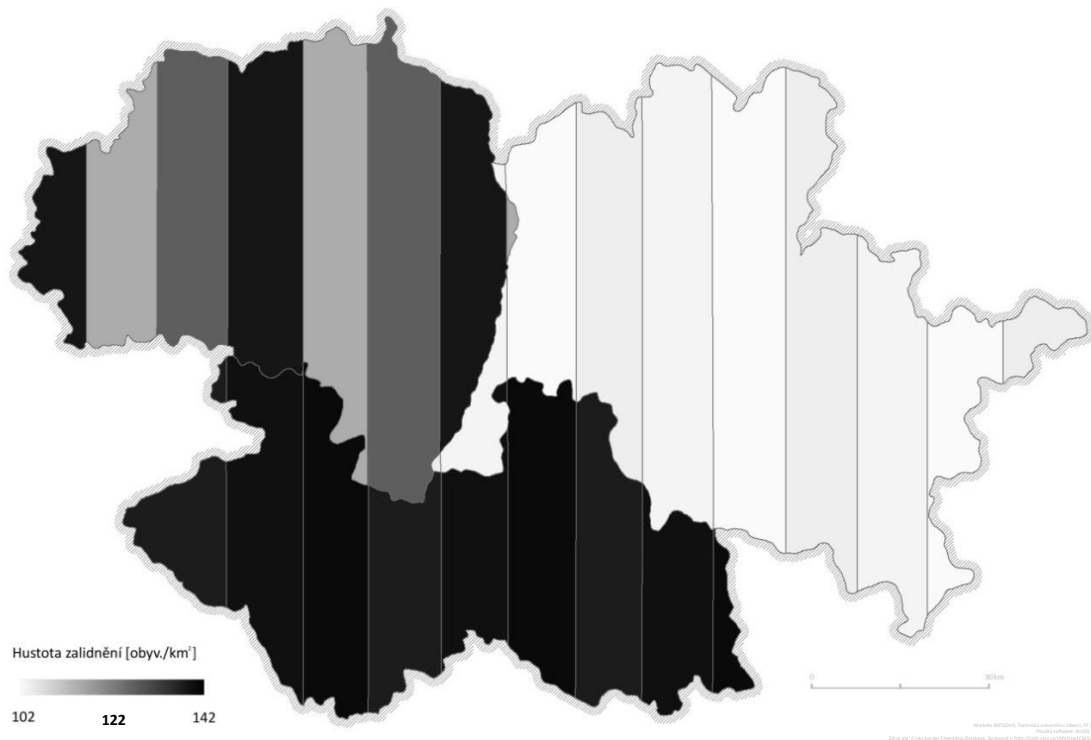


Obr. 23: Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012 metodou pruhů (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)

Z důvodu rozdílné velikosti jednotlivých polygonů může dojít k neshodě šířek jednotlivých pruhů v rámci sousedních polygonů, což může vést ke zkreslení při porovnávání polygonů. Především této anomálii můžeme rozdělením celé mapy do několika pruhů, skládajících se z opakujícího se vzoru menších proužků (viz obr. 24). Každý opakující se pruh obsahuje množství menších proužků, které odpovídají

počtu časových proměnných, které jsou v rámci pruhu zobrazovány. Jednotlivé pruhy, do kterých byla mapa rozdělena, vzájemně korespondují v rámci sousedních polygonů, což zvyšuje přehlednost při vzájemném porovnávání sousedních polygonů. Změny v jednotlivých polygonech jsou snáze identifikovatelné, v případě, že je mapa rozdělena na jednotlivé pruhy což nám usnadňuje určení počátku a dovoluje lépe srovnávat hodnoty (Shanbhag, Rheingans, desJardins 2005).

Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012



Obr. 24: Vývoj hustoty zalidnění členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012 (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)

8.1.4 Shrnutí

Vizualizační metoda časově orientovaných polygonů je příkladem netradičního způsobu znázornění časoprostorových dat. Výše jsme uvedly, případy kde je tato metod přínosná, přesto má i několik úskalí. Polygony jsou dále děleny do určitého počtu časových intervalů, přesto ale vyjadřují data, za celý region. Tento fakt může být

zejména pro laickou veřejnost značně matoucí a vyžaduje od čtenáře vyšší míru znalosti a pozornosti. Dalším úskalím této metody omezený počet časových proměnných, což se může projevit zejména u menších polygonů, tento problém se dá částečně řešit přiblížením v případě, že vizualizaci máme v digitální podobě, pokud by ovšem nebyla možnost ji zobrazit v odpovídající kvalitě nebo by byla určena k tištěné podobě, je třeba brát toto omezení v úvahu. Metoda časově orientovaných polygonů se nejvíce blíží kartografické metodě kartogramu, a proto je třeba dodržovat při její konstrukci kartografická pravidla.

8.2 Metoda kartodiagramu

Podle Voženilka a Kaňoka (2011) jsou Kartodiagramy mapová díla pro znázorňování kvantity, především pro znázorňování absolutních hodnot jevu. Mají široké uplatnění ve všech oborech, které pracují s prostorovými daty, jako je ekonomie, demografie, humánní i fyzická geografie a další obory. Jsou vhodné především pro srovnání konkrétních hodnot v dílčích územních jednotkách na mapě, např. počet obyvatel, objem výroby, poměr vývozu a dovozu apod. Někdy se označují málo používaným termínem „diagramové mapy“.

Metoda kartodiagramu se používá pro znázornění absolutních hodnot jevu tak, že se vypočtená velikost diagramu přiřadí v mapě k bodu, linii nebo k areálu. Základní podmínkou metody kartodiagramu je znázorňování absolutních dat. K tomu se používají výhradně proporcionálně a gradované (vzestup-ně) sestavené stupnice diagramů. Zpracování dat se provádí komplexně a jednotně pro celou zkoumanou plochu mapy, nikoli pro jednotlivé diagramy. Neproporcionální a negradované stupnice diagramu jsou chybné.

Proporcionálnost stupnice diagramu zajišťuje, aby vypočtené velikosti diagramů byly ve stejných proporcích jako příslušné velikosti statistických dat. To zaručuje, že čtenář při odhadování hodnot jevu, a to především z délky, plochy a počtu elementů diagramových znaků, získá objektivní představu o velikosti znázorňovaného jevu. Nejlépe jsou hodnoty odhadovány z jednorozměrných diagramů, zejména sloupců (Clarke in Voženílek, Kaňok 2011). Odhady hodnot z dvourozměrných diagramů

(čtverce, kruhy) jsou méně přesné, protože čtenáři vnímají například plochu kruhu menší, než ve skutečnosti je.

Obtížněji jsou vnímány plochy trojúhelníků, při-čemž největších nepřesností se při čtení hodnot uživatel dopouští u pseudoprostorových diagramů (koule, krychle). Přestože se velikosti kruhových diagramů podhodnocují, používají se velmi často, a to díky jednoduchému výpočtu, snadnému zhotovení, efektivnímu využití plochy a možnosti jednoduchým způsobem znázornit strukturu celku. Je-li snahou zachovat proporce v rámci jevu, pak se velikosti znaků musí měnit ve stejném poměru jako odpovídající vstupní data (Pravda in Voženílek, Kaňok 2011). Například statistickým údajům 20, 60, 80, 120 musejí odpovídat velikosti diagramů v poměru 1 : 3 : 4 : 6.

Je důležité dbát, aby velikost diagramů byla správně vypočtena z odpovídajících statistických dat a odpovídající data byla zjištěna z tzv. měřitelných parametrů (délka sloupce, průměr kruhu, strana čtverce aj.). Je nutné si však uvědomit, že čtenář kartodiagramu srovnává velikosti diagramů nikoli podle průměru kruhu, ale podvědomě, podle plochy kruhu. U pseudoprostorových diagramů dochází při čtení a srovnávání k příliš velkým chybám, proto je kartografové nedoporučují užívat.

Gradace stupnice diagramu představuje přímou závislost mezi hodnotami vstupních dat a odpovídajícími velikostmi diagramů. Pokud se hodnoty dat zvětšují, musí se zvětšovat i velikosti diagramů. Zvětšování diagramů však nemusí být v plynulém, stále stejném poměru. Musí ovšem vystihovat charakter dat, protože existují soubory dat, které nejsou rovnoměrně rozptýleny v celé šířce jejich výskytu. Z tohoto vyplývá potřeba konstrukce skokových stupnic. Výše popsané skutečnosti se jeví logické a samozřejmé, přesto se v mapové a atlasové tvorbě vyskytují stupnice diagramů, které tyto zásady gradace a proporcionality porušují. Argumentace jejich tvůrců „aby se do mapy vešly všechny diagramy“ je nepřípustná. Správného řešení lze docílit skokovou nebo intervalovou stupnicí, případně vhodnějším výběrem tvaru diagramu. Kartodiagramy, ve kterých nejsou dodrženy zásada gradace a proporcionality, mohou nevhodně ovlivnit čtenáře mapy při jeho důležitých rozhodováních.

8.2.1 Klasifikace kartodiagramů

Před vlastní tvorbou kartodiagramu je nezbytné ujasnění, jaká data jsou určena ke znázornění. Metoda kartodiagramu se používá pro znázornění kvantitativních dat, a to absolutních hodnot jevu. Na základě kritického posouzení dat se vybírá nejlepší varianta stupnice. Respektují se pravidla tvorby stupnic a zásady gradace a proporcionality. Důležité je, zdali se data vztahují k bodům, liniím nebo k areálům. Podle reference k typu bodu, linii nebo ploše se volí způsob umísťování diagramů a celková kompozice kartodiagramu. Rozhodující je i zvolený tvar diagramu a jeho barva. Dbá se především na cíl mapy, potenciální uživatele a obsahu sdělení. Někdy se přihlíží i k tradici výběru vyjadřovacích prostředků v daném vědním oboru, za předpokladu, že jsou kartograficky. Základní dělení rozlišuje kartodiagramy podle vtažných prvků na bodové, liniové a plošné (Kaňok in Voženílek, Kaňok 2011).

Podle Voženíka a Kaňoka (2011) bodový kartodiagram znázorňuje kvantitativní charakteristiky jevů pomocí diagramů vztažených k bodům (např. k vodoměrným nebo meteorologickým stanicím).

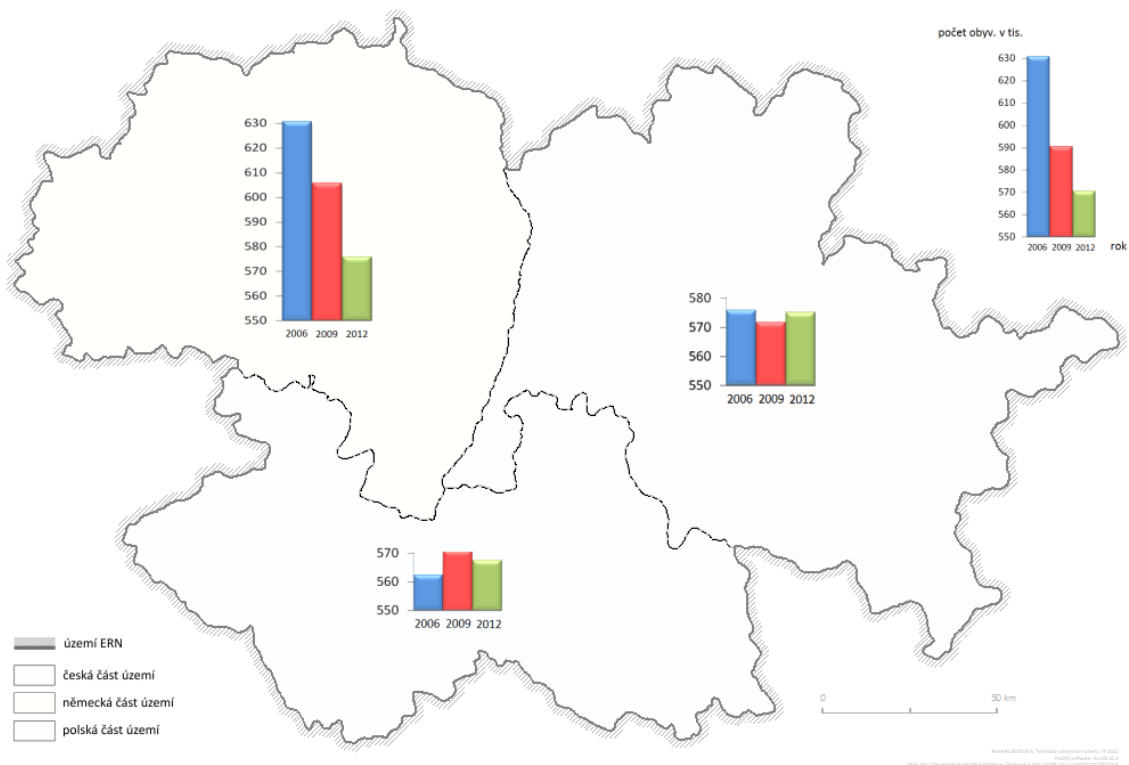
Liniový kartodiagram umožňuje vyjádřit nejen velikost jevu, ale i směr pohybu jevu, protože znázorňovaná data se vztahuje k liniím. K vytváření liniových kartodiagramů se nejčastěji používají řeky, silnice a železnice. Největší využití mají liniové kartodiagramy v ekonomii dopravy, socioekonomické geografii a hydrologii. Kartodiagramy liniové však lze také vytvořit jen pro směr pohybu jevu, je jen důležité vhodně zvolit počáteční a koncový bod pohybu (někdy i dílčí územní celek), směr pohybu a délku pohybu. Specifické liniové kartodiagramy znázorňují pohyby vzduchových hmot nebo mořských proudů v rámci všeobecné cirkulace atmosféry.

Plošný kartodiagram znázorňuje kvantitativní charakteristiky jevů pomocí diagramů vztažených k ploše (světadílu, státu, regionu, administrativní jednotce nebo k přírodním jednotkám, např. povodím).

Podle počtu znázorňovaných jevů, podle způsobu konstrukce nebo podle účelu znázornění se kartodiagramy dělí na jednoduché, složené, strukturní, součtové, srovnávací, dynamické, segmentové, vektorové, stuhové, anamorfózní a další. Všechny zmíněné nejsou vhodné pro vyjádření časoprostorových dat, a proto se dále budeme věnovat jen těm vhodným.

Jednoduchý kartodiagram (viz obr. 25) zobrazuje pouze jeden jev, zatímco složený kartodiagram znázorňuje současně jevů více, přičemž každý z nich je znázorněn buď jiným typem diagramu nebo stejným typem, ale kvalitativně rozlišených rastrem nebo barvou. Všechny jevy mohou být zpracovány buď v jedné nebo ve více jednotkách (tzv. složené jedno měřítkové či více měřítkové kartodiagramy).

Vývoj počtu obyvatel členských států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012



Obr. 25: Vývoj počtu obyvatel států Euroregionu Nisa v letech 2006, 2009, 2012 (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)

Srovnávací kartodiagram používá diagramy složené ze dvou dílčích diagramů. První diagram o konstantní velikosti je obvykle vykreslen jen v obrysech a vyjadřuje většinou střední hodnotu jevu na sledovaném území nebo velikosti optimální, výchozí či perspektivní. Velikost druhého diagramu vyjadřuje velikost jevu v dané pozici nebo v dílčím územním celku.

Dynamický kartodiagram vyjadřuje časově proměnlivé jevy. Ke grafickému znázornění se využívají dynamické diagramy, které znázorňují minimálně tři časové údaje o jevu.

Dynamické kartodiagramy jsou bodové, liniové i plošné, jednoduché i složené, kruhové, čtvercové, trojúhelníkové, čárové či sloupcové.

Liniový kartodiagram vyjadřuje dvě informace o jevu, a to jeho směr a velikost. Podle toho se také rozlišují na vektorové a stuhové liniové kartodiagramy.

Stuhový kartodiagram zachovává reálný průběh čar a vyjadřuje i podíly přemíst'ované kvantity jevu. Číselná hodnota jevu je vyjádřena celkovou šířkou stuhu, zatímco směr linie znázorňující průběh přemíst'ování jevu se mění. Stuhový kartodiagram má řadu variant — jednoduchý, složený, strukturní, součtový, srovnávací, dynamický, izochronický, jednosměrný, dvousměrný apod. Rozlišení směrů se provádí buď šípkami podél stuhu nebo použitím šraf či barev. Kvalitativní rozlišení musí být vysvětleno v legendě. Pokud se znázorňuje frekvence dopravy, používá se pro zlepšení orientace označení středu křižovatky prázdný kroužek. Každý kartodiagram musí být doplněn stupnicí v legendě nebo alespoň jednoduchým zápisem, který vyjadřuje vztah mezi šířkou stuhu a velikostí jevu, například 1 mm - 4 vozy za hod. (1 mm šířky stuhu odpovídá čtyřem vozům za 1 hodinu).

8.2.2 Umíst'ování kartodiagramu

Podle Voženílka a Kaňoka (2011) při zakreslování diagramů do bodového kartodiagramu musejí být diagramy umístěny na konkrétní pozice, např. sídla nebo meteorologické stanice. Na mapě jsou obvykle zaznačeny bodovými znaky nebo jsou přiřazovány k těžištím velmi malých areálů (zastavená plocha sídla), které vzhledem k charakteru dat vystupují jako body.

Při zakreslování diagramů do bodového kartodiagramu se dodržují následující zásady, protože diagramy vkládané do mapy jsou v podstatě bodové znaky, platí pro jejich umíst'ování stejná pravidla. To znamená, rozhodující je vztažný bod diagramu (např. střed obrazce, průsečík úhlopříček atd.). U rovnostranného trojúhelníku je to průsečík výšek, nedoporučuje se používat střed základny nebo jakýkoli jiný vrchol trojúhelníku. U dynamických diagramů je vztažný bod shodný se společným výchozím bodem všech částí dynamického diagramu (např. u kruhového dynamického »pavího oka" je to vnitřní dotykový bod kružnic).

U liniových a sloupcových grafů použitých jako diagramy je vztahový bod shodný s průsečíkem os x , y . Obvykle je to levý dolní roh grafu, u věkové pyramidy střed dolní základny. Ve výjimečných případech lze diagram posunout. Důvodem může být zdůraznění výjimečnosti charakterizovaného bodu. Například diagram pro říční přístav na státní hranici se posune do příslušného státu. Při snaze nezakrýt diagramem důležitou linii, která je rozhodující pro orientaci v mapě (záliv, poloostrov aj.) nebo lepší čitelnost mapy. Od všech posunutých diagramů se vedou vodící linky k pozicím, ke kterým se diagramy vztahují nebo se na tuto skutečnost upozorní v doprovodném textu. Pokud se překrytí diagramů nelze vyhnout, dodržuje se zásada menší diagram přes větší diagram. Velmi malý diagram se znázorňuje vždy celý. Je-li jeden diagram zakrýván více diagramy, nesmí zakrytá plocha přesahovat 50 % zakrývaného diagramu. Vždy musí být čitelný a měřitelný parametr diagramu, ze kterého se podle přiložené stupnice zjišťuje velikost zobrazeného jevu. Umístění diagramu v plošném kartodiagramu je volnější. Obvykle se celý umísťuje do středu (těžiště) příslušného územního celku. Pokud to nelze zajistit, umísťuje se diagram mimo mapové pole a k upřesnění polohy se použije vodící linka nebo číslo s vysvětlivkami.

Kartodiagram je plnohodnotné mapové dílo respektující všechny požadavky na kompozici mapy. Každý kartodiagram musí být doplněn grafickým vyjádřením použité stupnice. Topografický podklad kartodiagramu mohou tvořit hranice, vodstvo, komunikace, sídla a jiné prvky, jejichž znázornění je obvykle potlačeno, aby nebyl zastíněn původní záměr autora kartodiagramu, a to informovat čtenáře o kvantitě a rozmístění jevu hlavního tématu.

8.2.3 Shrnutí

Jak je uvedeno výše, kartodiagramy mají široké uplatnění ve všech oborech, které pracují s prostorovými daty, jako je ekonomie, demografie, humánní i fyzická geografie. Všechny tyto obory i mnohé další potřebují zobrazovat časoprostorová v mapě. Pro sledování vývoje absolutních hodnot za určité období pro dané území je kartodiagram vhodný zejména z důvodu jeho znalostí laickou veřejností, pokud je prezentován jako jednoduchý graf, je jeho čtení intuitivní, a tak lze očekávat, že bude velmi dobře přijat. Jedná se o čistě kartografickou metodu a tak je nutné dbát konstrukčních pravidel tohoto oboru.

8.3 Časoprostorová krychle

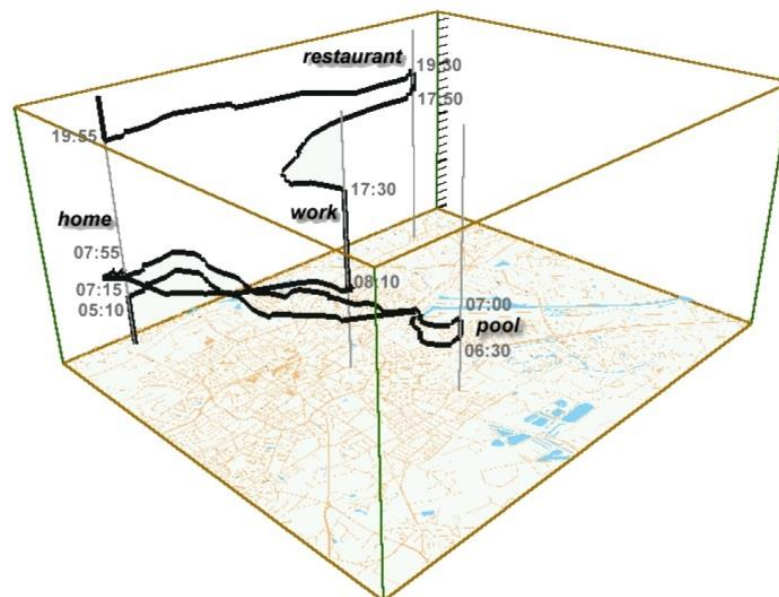
Geografie času, která položila základ konceptu časoprostorové vizualizace, vznikla během 60. let 20. století ve Švédském Lundu a jejím spoluzakladatelem se stal Torsten Hägerstrand. Zpočátku byl koncept geografie času zaměřen pouze na studium behaviorální geografie, která byla do té doby značně zaměřena na matematické modely chování jedinců, které příliš neodpovídali jejich skutečnému chování. Geografie času tak přišla s přístupem, který studuje časoprostorové chování lidí, a je schopen sledovat a analyzovat každodenní život konkrétního jedince zaznamenáváním jeho cesty prostorem a časem, pomocí časoprostorové krychle. Kraak (2003) uvádí, že časoprostorová krychle, je podle základního přístupu Hägerstranda tvořena podstavou, která je vymezena osami x a y , které definují zeměpisnou délku a zeměpisnou šířku, v klasickém dvoudimenzionálním prostoru. Hägerstrand si však byl vědom narůstající potřeby zaznamenávání data i ve vztahu k času a tak výška krychle byla definována časem, čímž byl položen základ dnes nejuznávanějšímu přístupu vizualizace časoprostorových dat fungujícím na tomto principu. Časoprostorová krychle tedy transformovala třírozměrný Euklidovský prostor do dvou dimenzí a nahradila původní třetí rozměr rozměrem času a byla označena jako čtyřdimenzionální metoda zobrazení dat.

V Hägerstrandově době, před nástupem geografických informačních systémů, byli statické papírové mapy jedinou dostupnou možností jak studovat geoprostorové jevy. Mnohé z tehdejších principů a technik pro analýzu a zpracování dat, které se objevili v geografii času, byly později aplikovány právě do geografických informačních systémů. Dnes geografické informační systémy nabízejí řadu nástrojů, kterými lze data podrobit analýze. Zobrazení informací nad mapou, jejímž třetím vertikálním rozměrem je čas, přineslo nový pohled na možnosti analyzování časoprostorových dat.

Narůstající potřeba mapování a analyzování dat byla silně ovlivněna rozvojem ostatních vědních disciplín. V devadesátých letech dostal obor vědecké vizualizace nový impuls, moderní počítačové technologie usnadnili proces tvorby vizualizací zaměřených na posílení znalostí. Geovizualizace jsou vhodným způsobem rozvíjejícím vizuální myšlení o geoprostorových vztazích, vzorech a trendech.

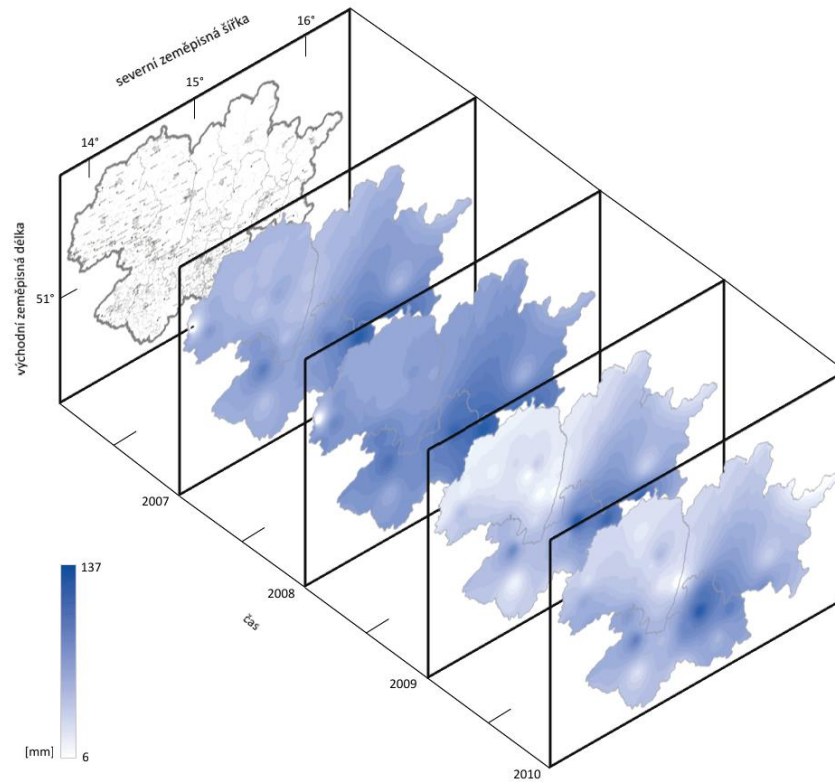
Důležitým přístupem je zobrazení geografických dat alternativním způsobem například s použitím vícenásobné reprezentace bez omezení tradičními technikami nebo pravidly. Většina výzkumů se v dnešní době spoléhá na tradiční ověřené metody a paradigmatata. Tato cesta však nemůže vést k objevení nových metod, které by mohli nabídnout odlišné pohledy na analýzu dat.

Vizualizace časoprostorových dat pomocí časoprostorové krychle předpokládá lepší vizuální průzkum a pochopení časových událostí odehrávajících se v našem světě. Interakce, dynamika a alternativní pohled jsou důvodem, proč vizualizovat časoprostorová data pomocí časoprostorové krychle (Kraak 2003).

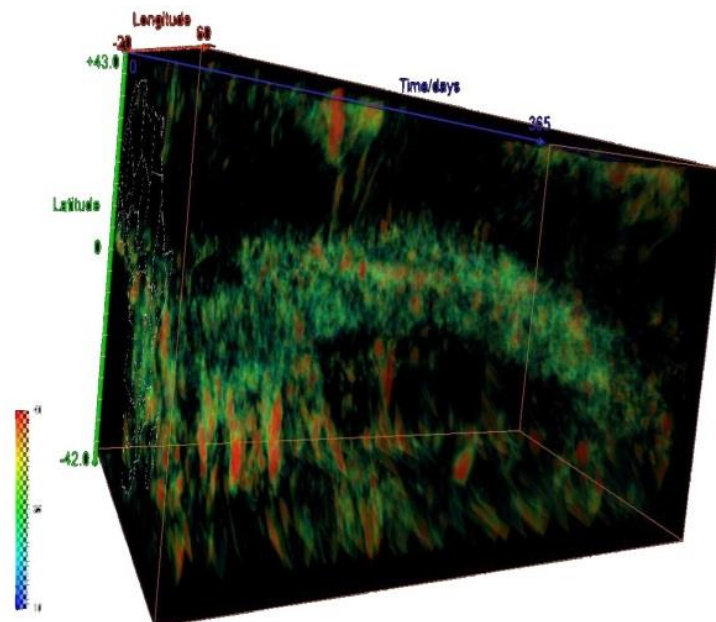


Obr. 26: Vizualizace časoprostorové cesty (zdroj: Kraak 2003)

V původním Hägerstrandově zpracování je časoprostorová krychle, jak bylo uvedeno výše, určena ke sledování pohybu osob v prostoru a čase a ke studiu vzorů jejich chování (viz obr. 26). Postupem času a rozvojem informačních technologií koncept časoprostorové krychle začal pronikat i do dalších oborů geografie a otevřel cestu k lepšímu chápání prostorových jevů a jejich chování v čase. Vizualizace pomocí časoprostorové krychle se stala silným nástrojem průzkumné vizuální analýzy (viz obr. 27 a 28).



Obr. 27: **Princip vizualizace časoprostorové krychle** (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)



Obr. 28: **Vizualizace časoprostorové krychle** (zdroj: Venkataraman, Asante 2005)

8.3.1 Shrnutí

K vizualizaci dat pomocí časoprostorové krychle je v dnešní době možné použít množství programů nejen z oblasti geografických informačních systémů (např. uDig apod.). Úskalím takovéto vizualizace je potřeba dat zaznamenávaných v nejkratších časových intervalech po delší časový úsek. V případě časoprostorové cesty je k tomuto účelu v dnešní době možné využít přístrojů podporujících zaznamenávání dat na základě družicového signálu GPS. Získání analyzovatelného souboru dat je i přes to stále poměrně náročný úkol. Zatím neexistují plnohodnotné a funkční nástroje, jak tato data získat alternativním způsobem, avšak sběr dat v reálném čase by mohl přístup k datům vhodných k vizualizaci časoprostorové krychle značně usnadnit. Pokud se jedná o vizualizaci plošných dat (viz obr. 27 a 28), je nutnost zaznamenávat data v co nejkratších časových intervalech v delším období stejná s tím rozdílem, že dnes již existují možnosti interpolování dat v časoprostorové krychli.

Svoje uplatnění si vizualizace pomocí časoprostorové krychle může najít v mnoha oborech. V případě časoprostorové cesty můžeme její využití nalézt ve sportu, historii, archeologii a mnoha dalších. Pokud se zaměříme na praktické použití vizualizace plošných dat pomocí časoprostorové krychle, i tam nalezneme mnoho oborů, kterým může být tato vizualizace přínosná, jako například klimatologie, geologie, behaviorální geografie, urbanismus a další. Všem těmto oborům nabízí možnost nového vizuálního pohledu s možností alternativní průzkumné analýzy těchto dat.

Z pohledu uživatelů běžných map se může vizualizace časoprostorové krychle jevit jako poměrně složitá zvláště v případě, kdy je třeba vizualizovat větší množství dat. Tomuto problému lze předejít maximálním zjednodušením vizualizace a její vhodnou interpretací. Při tom je třeba posoudit, jestli přidaná vizuální hodnota bude pro čtenáře pochopitelná, a bude schopen rozeznat a ocenit její přínos oproti běžné mapě.

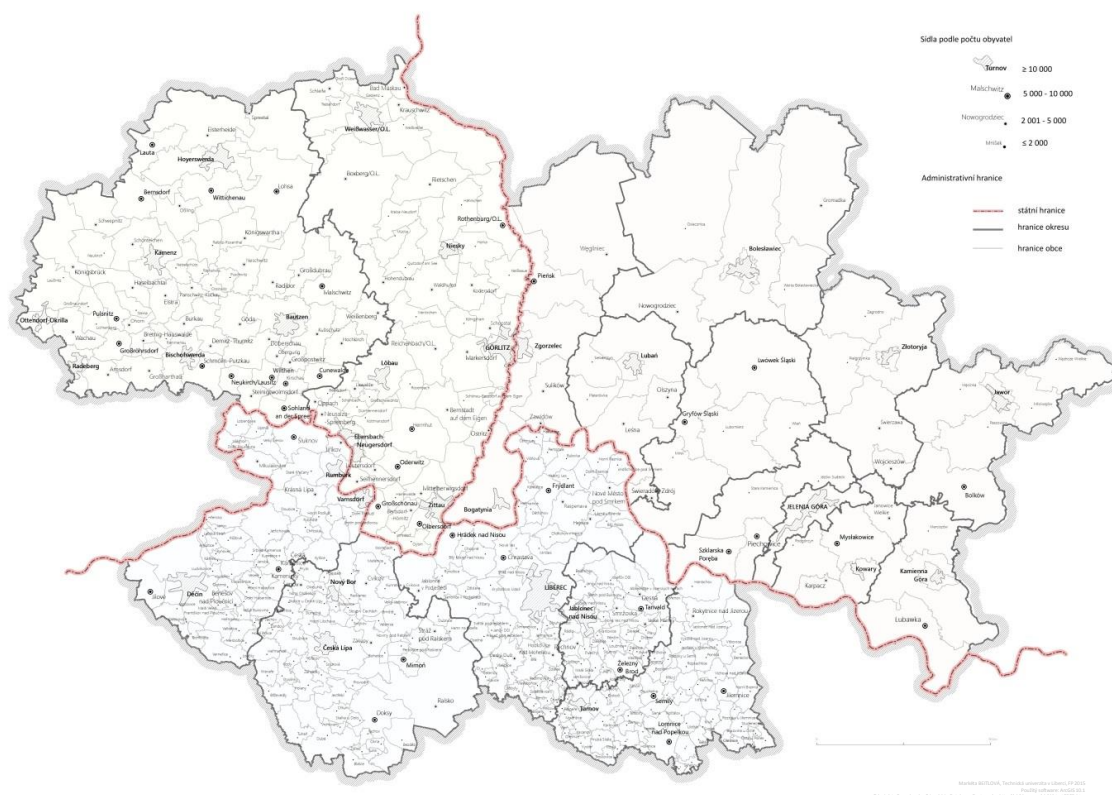
Vzhledem k tomu, že tato vizualizace je postavena na konstrukci běžné mapy je důležité mít pro ni správný podklad, v tomto případě správně sestrojenou mapu na základě kartografických pravidel. Pokud se zaměříme na vizualizaci dat ve třetím prostoru, i tam je vhodné respektovat a využít kartografické zásady, aby výsledná vizualizace byla přehledná, dobře čitelná a sloužila svému účelu.

9. Euroregion Nisa

Cílem práce je ověřit použitelnost vizualizací časoprostorových dat na datových sadách dostupných pro Euroregion Nisa. Tato kapitola je proto věnuje vymezení Euroregionu Nisa/základním informacím o Euroregionu Nisa. Druhá část je zaměřena na dostupnost dat Euroregionu Nisa, poskytovaných datových sadách dat, jejich vzniku a možnosti využití pro tvorbu vizualizací časoprostorových dat.

Euroregion Neisse-Nisa-Nysa je trilaterální přeshraniční region založen roku 1991 v Žitavě. Zasahuje na území tří států – Spolkové republiky Německo, České republiky a Polské republiky. Euroregion je dobrovolným zájmovým sdružením německých, českých a polských administrativních jednotek, obcí, měst, okresů a dalších samosprávných subjektů a jiných institucí působících na jeho území (Šmída, Vrbík 2014).

Administrativní členění Euroregionu Nisa



Obr. 29: Administrativní členění Euroregionu Nisa (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)

9.1 Data o Euroregionu Nisa

Strategie Euroregionu Nisa pro programovací období 2014-2020 rozdělila prioritní oblasti zájmu do 6 hlavních skupin, doprava, hospodářství a cestovní ruch, ochrana životního prostředí a klimatu, energetika, řízení rizik, kultura, vzdělávání a věda, podpora přeshraniční spolupráce. Součástí posledně jmenované oblasti je statistika, která si klade za cíl poskytovat věrohodné a srovnatelné statistické informace o situaci v Euroregionu. Statistické služby jednotlivých států ERN spolupracují na sjednocení metodiky a publikování dat charakterizující společné území. Spolupráce Zemského statistického úřadu Svobodného státu Sasko, Českého statistického úřadu a Vojvodského statistického úřadu ve Vratislavi s pobočkou v Jelení Hoře, má již dlouholetou tradici. Jejich společnou snahou je poskytování statistických dat pomocí nejrůznějších publikací a projektů jako např. „Cross-border Friendship Database“, která zpřístupňuje sjednocená data členskými statistickými úřady. Tato databáze obsahuje tabulky se sjednocenými daty ve čtyřech jazycích. Dalším zdrojem dat o Euroregionu Nisa jsou ročenky vydávané Českým statistickým úřadem. Euroregion Nisa si je vědom významu spolupráce jednotlivých statistických úřadů členských zemí a dlouhodobě se rozvoji této oblasti věnuje. Zveřejňovaná data jsou zdrojem cenných informací přispívajících k rozvoji území a přeshraniční spolupráci.

Zdrojem dat pro vizualizace v uvedené v této práci byla zmíněná databáze „Cross-border friendship“, která sice poskytuje data o území, obyvatelstvu, ekonomice, zaměstnanosti, vzdělání, kultuře, zdravotnictví, bydlení, životním prostředí a volbách. Data pro Českou republiku jsou však dostupná až od roku 2006, což značně zužuje výběr souboru dat.

10. Výsledky

S ohledem na cíle práce je vhodné zhodnotit navrhované metody vizualizací časoprostorových dat. V této kapitole budou proto stanovena kritéria, na základě kterých budou jednotlivé metody vizualizace časoprostorových dat hodnoceny (obr. 30). Použitelnost jednotlivých metod pro atlas Euroregionu Nisa bude podle stanovených kritérií diskutován v následující kapitole.

První část této kapitoly hodnotí uvedené metody vizualizace s ohledem na kritéria zmíněná v kapitole 7. Druhá se věnuje použitelnosti modelů času (viz kapitola 4.1) v uvedených vizualizacích (viz kapitola 8).

V tabulce (viz obr. 30) je uvedeno hodnocení metod časoprostorových vizualizací podle efektivnosti, vhodnosti a názornosti. Barevnost bodů určuje, do jaké míry odpovídá konkrétní vizualizace danému kritériu. Zelená barva nejvíce odpovídá danému kritériu, červená nejméně a žlutá je částečně přijatelná.

Kritérium efektivity se zabývá otázkou:

- Jaká míra znalostí je potřeba k intuitivnímu rozpoznání a interpretování informací a do jaké míry odpovídá metoda kognitivní schopnosti lidského zrakového systému?

Vhodnost je definována otázkou:

- Kolik času a jaká míra znalostí je potřeba k tvorbě vizualizace?

Otázka názornosti:

- Dokáže vizualizace názorně zobrazit všechna potřebná data a je přínosná pro vizuální analýzu?

Je třeba zmínit, že většinu uvedených kritérií lze jen omezeně hodnotit na základě exaktních parametrů, tudíž je třeba brát v úvahu jistou míru subjektivity hodnotitele.

Hodnocení metod			
název metody	efektivita	vhodnost	názornost
Časově orientované polygony	●	●	●
Kartodiagramy	●	●	●
Časoprostorová krychle	●	●	●

Obr. 30: **Hodnocení metod vizualizací časoprostorových dat** Zelená barva nejvíce odpovídá danému kritériu, červená nejméně a žlutá je částečně přijatelná. (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)

Druhá část kapitoly se věnuje aplikaci principů modelování času na jednotlivé metody vizualizací časoprostorových dat.

V tabulce (viz obr. 31) jsou k jednotlivým metodám přiřazeny odpovídající možné způsoby modelování času (viz kapitola 4.1).

Principy modelování struktury času použitelné v jednotlivých vizualizacích				
název metody	stupnice	rozsah	uspořádání	řazení událostí
metoda klínů	diskrétní	bod/interval	lineární/cyklické	uspořádané
metoda koncentrických kružnic	diskrétní	bod/interval	lineární/cyklické	uspořádané
metoda pruhů	diskrétní	bod/interval	lineární/cyklické	uspořádané
jednoduchý kartodiagram	diskrétní	bod/interval	lineární/cyklické	uspořádané / více perspektivní
časoprostorová krychle	diskrétní / kontinuální	bod/interval	lineární/cyklické	uspořádané
časoprostorová cesta	kontinuální	bod/interval	lineární/cyklické	uspořádané / větvené / více perspektivní

Obr. 31: **Principy modelování struktury času použitelné v jednotlivých vizualizacích** (zdroj: vlastní zpracování autora 2015)

11. Diskuze

V této kapitole rozeberu výsledky z předchozí kapitoly, srovnám mezi sebou jednotlivé metody a zhodnotím možnosti použití jednotlivých metod v atlase Euroregionu Nisa, na základě otázek definovaných výše uvedenými kritérii (viz kapitola 7).

Prvním kritériem je efektivita, která hledá odpověď na otázku, jaká míra znalostí je potřeba k intuitivnímu rozpoznání a interpretování informací, a do jaké míry odpovídá daná metoda vizualizace časoprostorových dat kognitivní schopnosti lidského zrakového systému. Jednotlivé metody budou mezi sebou hodnoceny na základně kognitivního vnímání času, způsobu vizualizace polohy a znázornění hodnoty atributu (viz trojúhelníkový model, kapitola 6.3.1). Nejlépe hodnocenou vizualizací podle kritéria efektivity je metoda kartodiagramu. Poloha je vymezena mapou v běžně používaném zobrazení, se kterým je většina potencionálních čtenářů obeznámena. Atributová složka informací je vyjádřena jednoduchým diagramem, který je grafickým nástrojem hojně používaným v mnoha oborech. Čas kopíruje kognitivní lineární vnímání a je znázorněn na diskrétní stupnici. Metoda vizualizace časoprostorových dat časoprostorovou krychlí se z pohledu efektivity umístila na druhém místě. V porovnání s metodou kartodiagramu se liší zejména znázorněním polohy, která je v tomto případě znázorněna zkosenou mapou. Zmíněná deformace mapy je patrná na první pohled a může potencionálního čtenáře odradit. Převedením prostoru do podstavy krychle vzniká možnost měřit čas pomocí výšky krychle. Čas je opět zaznamenáván lineárně a může být vyjádřen na kontinuální i diskrétní stupnicí. Nejméně efektivní metodou vizualizace časoprostorových dat, ve srovnání s výše zmíněnými, jsou časově orientované polygony. Důvodem jejich zařazení na poslední místo jsou, v porovnání s oběma metodami, vyšší nároky na znalosti čtenáře. Poloha je stejně jako v případě kartodiagramu, vyjádřena mapou. Problém je ale v zobrazení času a atributů. Běžný čtenář je zvyklý, že rozdělené polygony na mapě odpovídají fyzickogeografickému nebo socioekonomickému členění. V případě časově orientovaných polygonů je rozdělen do sektorů podle počtu časových proměnných. Stejná situace nastává i při určování hodnoty atributu, avšak je nutné vědět, že hodnoty uváděné v jednotlivých sektorech se vztahují k celému polygonu. Z tohoto důvodu je metoda časově orientovaných polygonů hodnocena jako nejméně efektivní.

Další diskutovanou otázkou je míra vhodnosti vizualizace hodnocená podle časové náročnosti a znalostí potřebných k jejímu vytvoření. Metoda kartodiagramu je hodnocena jako nejlepší, a to z důvodu, že k jejímu sestavení je potřebná pouze znalost tvorby map a diagramů. Komplikovanější je situace v případě časově orientovaných polygonů, kdy je kromě mapy, potřeba se podrobně seznámit i se způsoby znázornění času a atributu, jejichž vyjádření je oproti kartodiagramu netradiční. Metoda časoprostorové krychle může obsahovat množství časových proměnných a atributových hodnot. Jejich zpracování je oproti časově orientovaným polygonům a kartodiagramu, kde je množství časových proměnných omezeno, poměrně náročné. Z tohoto důvodu je vizualizační metoda časoprostorové krychle hodnocena, jako nejméně vhodná.

Nejnázornější metodou je metoda časoprostorové krychle. Důvodem jsou možnosti znázornit téměř neomezené množství dat, čímž nabízí značný potenciál pro vizuální analýzu. Časově orientované polygony jsou sice omezeny počtem časových proměnných, avšak dokáží znázornit atributové hodnoty v průběhu času způsobem, který žádná jiná vizualizace nenabízí. Jejich vizuální analýza je velmi přínosná, uspořádání dat umožňuje nahlížet v souvislostech, které jsou v metodě kartodiagramu těžko rozpoznatelné.

Důležité je také zmínit, že určení míry do jaké odpovídá konkrétní vizualizace danému kritériu, vycházela ze subjektivního hodnocení autora.

Výsledky srovnání jednotlivých metod časoprostorových vizualizací, odráží četnost jejich použití v praxi. Intuitivní rozpoznání prvků vizualizace je klíčové pro její úspěch. Nejlépe hodnocenou metodou podle tabulky (viz obr. 30) je tedy metoda kartodiagramu. Je nasnadě ji pro atlas doporučit. Bylo by ale velkou chybou zbylé dvě metody vizualizace časoprostorových dat zavrhnout. Záleží na uvážení tvůrce, zda je ochoten a schopen začlenit netradiční vizualizaci vhodným způsobem do svého díla. Každý autor by měl zvážit, komu je atlas určen, a zda je jeho zájmem, zobrazovat data pouze konvenčním způsobem, nebo umožnit svým čtenářům seznámit se s odlišnou vizualizací dat, a nabídnout nový pohled na dosud skryté souvislosti.

12. Závěr

Hlavním cílem práce, bylo navrhnout kartografické metody pro vizualizaci časoprostorových dat v mapách Euroregionu Nisa. Teoretická část se věnuje principům a přístupům k času, prostoru a datům, používaným při tvorbě vizualizací. K tvorbě konkrétních vizualizací bylo třeba seznámit se s definicí pojmu vizualizace obecně a definovat jakým způsobem data správně vizualizovat. Praktická část práce je zaměřena na tvorbu konkrétních metod vizualizací časoprostorových dat. Aby došlo k naplnění cílů práce, byla pro vizualizace použita data Euroregionu Nisa. Součástí práce je i hodnocení jednotlivých metod a diskuze, zabývající se jejich použitím v atlase Euroregionu Nisa určenému laické veřejnosti.

Důvodů pro vizualizaci dat je celá řada. Nejdůležitějším, je pravděpodobně možnost získat nový pohled na dané téma. Vizualizace dat umožňuje provádět analýzy, sledovat interakce, trendy, dynamiku, a umožňuje tak pochopit a definovat vztahy na různých úrovních. V dnešní době jsou většinou vyvíjeny specializované vizualizace odpovídající požadavkům konkrétního oboru. Vývoj specifických vizualizací odborníky z konkrétních oborů nám může připadat jako naprosto logický a výhodný, ale může při něm docházet i k profesionální slepotě, a je nanejvýš prozíravé sestavovat týmy z odborníků různých oborů. Ve své práci zdůrazňuje Kraak (2003) potřebu vzniku nových metod vizualizací a kritizuje současný stav, kdy většina odborníků spoléhá na ověřené metody a drží se zaběhnutých paradigmat. Tvorba nových metod je jistě nutná, ale je třeba dbát i na ověření aplikovatelnosti metod v praxi. V ideálním případě by tvorba nové vizualizace měla být spojena s ověřováním jejího praktického využití. Postřehy, návrhy a nedostatky z praktické aplikace by měli být zpětnou vazbou pro tvůrce nové metody.

13. Seznam zdrojů

AIGNER, W., MIKSCH, S., SCHUMANN, H., TOMINSKI, C., 2011. *Visualization of Time-Oriented Data*. London: Springer. ISBN 978-0-85729-078-6.

ANDRIENKO, N., ANDRIENKO, G., 2006. *Exploratory Analysis of Spatial and Temporal Data*. Berlin: Springer. ISBN 978-3-540-25994-7.

CARD, S., MACKINLAY, J., SHNEIDERMAN, B., 1999. *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers. ISBN 978-1558605336

FRANK, A. U., 1998. *Different types of "times" in GIS* [online]. New York: Oxford University Press. [vid. 22.7.2015]. Dostupné z:
ftp://ftp.geoinfo.tuwien.ac.at/frank/Different_Types_of_TIMES_in_GIS_98.pdf

FURIA, C. A., MANDRIOLI, D., MORZENTI, A., AND ROSSI, M., 2010. *Modeling Time in Computing: A Taxonomy and a Comparative Survey* [online]. New York: ACM Computing Surveys. [vid. 22.7.2015]. Dostupné z: <http://bugcounting.net/pubs/csur10-survey.pdf>

GORALWALLA, I. A., ÖZSU, M. T., SZAFRON, D., 1998. *An Object-Oriented Framework for Temporal Data Models* [online]. Berlin: Springer. [vid. 22.7.2015]. Dostupné z:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.26.6306&rep=rep1&type=pdf>

KAPLER, T., WRIGHT, W., 2005. *GeoTime Information Visualization. Information Visualization* [online]. Washington: IEEE Computer Society. ISBN:0-7803-8779-3. Dostupné z:
http://vadl.cc.gatech.edu/documents/55_Wright_KaplerWright_GeoTime_InfoViz_Jrnl_05_send.pdf

KERREN, A., EBERT, A., MEYER, J., 2007. *Human-Centered Visualization Environments*. Berlin: Springer. ISBN 978-3-540-71948-9.

KRAAK, M. J., 2003. *The Space-Time Cube Revisited from a Geovisualization Perspective* [online]. Enschede: University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth. [vid. 19.7.2015]. Dostupné z:

http://www.itc.nl/library/Papers_2003/art_proc/kraak.pdf

KRAAK, M. J., 2014. *Mapping Time: Illustrated by Minard's Map of Napoleon's Russian Campaign of 1812*. California: Esri Press. ISBN 978-1-58948-312-5.

KRAAK, M., ORMELING, F., 2010. *Cartography: Visualisation of Geospatial Data*. 3. vyd. New York: Prentice Hall. ISBN 9780273722793.

LI, X., 2010. *The time wave in time space: a visual exploration environment for spatio-temporal data* [online]. Enschede: University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth. [vid. 20.10.2014]. ISBN 978-90-6164-295-4. Dostupné z: http://www.itc.nl/library/papers_2010/phd/li.pdf

MAZZA, R., 2009. *Introduction to Information Visualization*. London: Springer. ISBN 9781848002197.

MCCORMICK, B. H., DEFANTI, T. A., BROWN, M. D., 1987. *Visualization in Scientific Computing* [online]. New York: ACM SIGGRAPH.

Dostupné z: <http://www.sci.utah.edu/vrc2005/McCormick-1987-VSC.pdf>

PEUQUET, D. J., 2002. *Representations of Space and Time*. New York: The Guilford Press. ISBN 9781572307735.

RAPANT, P., 2006. *Geoinformatika a geoinformační technologie* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. [vid. 20.6.2015]. ISBN 80-248-1264-9.

Dostupné z: http://gis.vsb.cz/rapant/publikace/knihy/GI_GIT.pdf

RAZA, A., 2001. *Object-oriented temporal GIS for urban applications* [online]. Enschede: University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth. [vid. 21.7.2015]. Dostupné z: http://www.itc.nl/library/Papers/phd_2001/ale_raza.pdf

SHANBHAG, P., RHEINGANS, P., desJARDINS, M., 2005. *Temporal visualization of planning polygons for efficient partitioning of geo-spatial data* [online]. Dostupné z: <http://www.csee.umbc.edu/~rheingan/pubs/infovis05.pdf>

SOCHOR, J., BENEŠ, B., FELKEL, P., ŽÁRA, J., 1997. *Vizualizace*. 1. vyd. Praha: FEL ČVUT Praha. ISBN 80-01-01582-3.

ŠMÍDA, J., VRBÍK, D., 2014. *Atlas KLIMATEXT: Srážkové poměry Euroregionu Neisse-Nisa-Nysa v letech 1991-2010*. Liberec: Technická univerzita, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická. ISBN 978-80-7494-103-0.

VENKATARAMAN, S., ASANTE, K. O., 2005. *Voxel-based analysis and visualization of rainfall data* [online]. Dostupné z: http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora16/Venkataraman_S.pdf

VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J., 2011. *Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024427904.

WARE, C., 2000. *Information Visualization: Perception for Design*. 1. vyd. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers. ISBN: 978-1558605114.