

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geoinformatiky**

**OVĚŘENÍ PLATNOSTI VYBRANÝCH  
KARTOGRAFICKÝCH KONVENCÍ POMOCÍ  
EYE-TRACKINGU**

**Diplomová práce**

**Martin CABÁK**

**Vedoucí práce RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D.**

**Olomouc 2021**

**Geoinformatika**

## **ANOTACE**

Proces tvorby map již díky stále se rozšiřujícímu procesu digitalizace dávno není výsadou profesionálních kartografů, nýbrž běžnou činností laiků disponujících elektronickým zařízením, nikoliv však kartografickým vzděláním. Tato práce reaguje na nutnou potřebu ověření platnosti zásad pro tvorbu tematických map v souvislosti se zmíněnou digitální revolucí. Proto byly v rešeršní části nejdříve charakterizovány základní pojmy v oblasti tematické kartografie, popsán komunikační proces probíhající skrz mapu a následně detailně popsány zásady tvorby tematických map v pojetí odborníků na danou problematiku. Hlavním cílem praktické části práce bylo ověřit platnost pěti vybraných kartografických konvencí pomocí experimentu spočívajícího v online dotazníkovém šetření, eye-tracking testování a následném individuálním rozhovoru. Testováno bylo celkem 30 respondentů bez kartografického vzdělání různého pohlaví, věku jakož i nejvyššího dosaženého vzdělání. Zjištěné výsledky byly zpracovány pomocí odpovídajících statistických metod a interpretovány v kontextu subjektivního názoru zjištěného pomocí rozhovoru. Závěry byly učiněny na základě ověření osmi dílčích hypotéz odpovídajících sledovaným metrikám experimentu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Eye-tracking; kartografické konvence; uživatelské testování; experiment; tematická mapa

Počet stran práce: 60

Počet příloh: 1 (z toho 1 volné)

## **ANOTATION**

Thanks to the ever-expanding process of digitization, the process of mapping is no longer the prerogative of professional cartographers but a common activity of lay people with electronic equipment, but not cartographic education. This thesis responds to the necessary need to verify the validity of the principles for the creation of thematic maps in connection with the aforementioned digital revolution. Therefore, the research part first characterized the basic concepts in the field of thematic cartography, described the communication process through the map and then described in detail the principles of creating thematic maps in the concept of experts on the issue. The main goal of the practical part of the thesis was to verify the validity of five selected cartographic conventions using an experiment consisting of an online questionnaire survey, eye-tracking testing and subsequent individual interview. A total of 30 respondents without cartographic education of various sexes, ages as well as the highest level of education were tested. The obtained results were processed using appropriate statistical methods and interpreted in the context of the subjective opinion found through the interview. The conclusions were made based on verification of eight partial hypotheses corresponding to the observed experimental metrics.

## **KEYWORDS**

Eye-tracking; cartographic conventions; user-testing; experiment; thematic map

Number of pages: 60

Number of appendixes: 1

## **Prohlašuji, že**

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk diplomové práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne 5. 5. 2021

Bc. Martin Cabák

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé práce RNDr. Stanislavu Popelkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce, za vstřícný přístup a také za zapůjčení přenosného eye-trackeru z katedry experimentální fyziky. Děkuji také RNDr. Aleně Vondrákové, Ph.D., LL.M. za poskytnutí odborných rad v průběhu nemála konzultací. Dále děkuji všem respondentům, kteří byli ochotni spolupracovat a poskytli mi tak potřebná data. Rád bych upřímně poděkoval své milované přítelkyni Karolíně Davidové za její trpělivost, vstřícnost a pomoc v průběhu celého studia. Velký dík patří také mé nejbližší rodině za podporu.

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin CABÁK**  
Osobní číslo: **R190626**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Geoinformatika**  
Téma práce: **Ověření platnosti vybraných kartografických konvencí pomocí eye-trackingu**  
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

### Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce je ověření platnosti vybraných kartografických konvencí (pravidel) pomocí eye-trackingu. Student v rešeršní části z odborné literatury identifikuje konvence týkající se tvorby tematických map a vytvoří jejich přehledný souhrn. Z těchto konvencí vybere přibližně pět, které by bylo vhodné a přínosné otestovat pomocí technologie sledování pohybu očí. Následně vytvoří eye-tracking experiment, který bude obsahovat mapy vytvořené podle těchto konvencí a mapy, kde budou tyto konvence porušeny. Následně provede testování na respondentech s kartografickým vzděláním a na laicích. Testování doplní pomocí některé subjektivní výzkumné metody (dotazník, rozhovor, atd.). Na závěr student naměřená data vyhodnotí a tím ověří platnost vybraných konvencí.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně vytvoří zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

#### Seznam doporučené literatury:

- BRYCHTOVA, A., POPELKA, S., DOBESOVA, Z. (2012). Eye – tracking methods for investigation of cartographic principles. 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2012, Vol. II, 1041-1048.
- BOJKO, A. 2013. Eye tracking the user experience: A practical guide to research, Rosenfeld Media.
- HOLMQVIST, K., NYSTRÖM, M., ANDERSSON, R., DEWHURST, R., JARODZKA, H., & VAN DE WEIJER, J. (2011). Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures: Oxford University Press.
- POPELKA, S. 2018. Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci
- VOŽENÍLEK, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.
- VOŽENÍLEK, Vít; KAŇOK, Jaromír. Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů. Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2011.


Vedoucí diplomové práce: RNDr. Stanislav Popelka, Ph.D.  
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: 7. října 2019  
Termín odevzdání diplomové práce: 6. května 2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

*(Faint, mostly illegible text, likely the main body of the assignment document)*

LS.



\_\_\_\_\_  
doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.  
děkan

\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.  
vedoucí katedry

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>11</b>
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>14</b>
3.1 Vymezení základních pojmů .....	14
3.1.1 Tematická kartografie, tematické mapy a výzvy současné kartografie ..	14
3.1.2 Komunikační proces v kartografii.....	16
3.1.3 Zásady tvorby tematických map .....	17
3.2 Vybrané kartografické konvence .....	19
3.2.1 1. konvence – využití barvy pro kvantitativní rozlišení jevů .....	20
3.2.2 2. konvence – využití rastru pro kvantitativní rozlišení jevů .....	22
3.2.3 3. konvence – použití divergentní stupnice pro dvoukoncová data .....	23
3.2.4 4. konvence – umístění střední hodnoty na divergentní stupnici.....	24
3.2.5 5. konvence – uspořádání legendy .....	25
3.3 Technologie eye-tracking .....	28
<b>4 PRAKTICKÉ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>29</b>
4.1 Návrh experimentu.....	29
4.2 Tvorba stimulů.....	31
4.3 Průběh experimentu .....	39
4.3.1 Pilotáž.....	40
4.3.2 Dotazníkové šetření.....	40
4.3.3 Eye-tracking experiment.....	41
4.3.4 Individuální rozhovor .....	41
4.4 Analýza výsledků .....	41
4.4.1 Analýza dotazníkového šetření .....	41
4.4.2 Analýza eye-tracking experimentu.....	43
4.4.3 Analýza individuálního rozhovoru.....	55
<b>5 VÝSLEDKY .....</b>	<b>57</b>
<b>6 DISKUZE .....</b>	<b>59</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>60</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
<b>PŘÍLOHY</b>	



## ÚVOD

Kartografie si od doby svého vyčlenění jako samostatné vědy prošla a stále prochází výraznou technologickou proměnou. Z vědní disciplíny založené na peru, papíře a inkoustu se vyvinula ve vědu opírající se o počítačové či jiné moderní technologie. Zmíněná digitální revoluce přinesla do kartografie a oborů jí podobných značné změny ve způsobech své realizace a také došlo ke změně struktury subjektů činných v této oblasti. Data a nástroje pro tvorbu map se staly všudypřítomnými, což nese za následek, že tvorba map již dávno není privilegiem vyškolených kartografů, nýbrž činností, která je volně přístupná libovolným uživatelům disponujícím elektronickými zařízeními. Samotná mapa již tedy není jen kousek papíru navržený kartografem, ale možná úhledná grafika na webové stránce vytvořené kóděm. Bez ohledu na to, jestli je tvůrcem mapy profesionál či laik, musí být i nadále vytvářeny se záměrem tak, aby v konečném důsledku byly efektivní.

Jedním z hlavních faktorů, který posouvá kartografii ve své vlastní revoluci a evoluci je značný vzestup poptávky po kartografických produktech. Kaňok (1999) zmiňuje, že současné geografické informační systémy (GIS) se z velké části využívají výhradně pro tvorbu tematických map, poněvadž tematické mapy tvoří nejčastější výstup praktických uživatelů ve všech oblastech využívání geoinformačních technologií (GIT), přičemž takovými uživateli mohou být správci uživatelských sítí, pracovníci referátů městských a okresních úřadů, správci GIS komerčních firem apod. Zatímco zmíněné technologie a automatizace umožnily rychlejší a jednodušší tvorbu map, ke zvýšení efektivity map tím nedošlo. Pohotově zhotovená mapa totiž nutně neznamená dobrá a efektivní mapa. Jak tedy eficeince v mapách docílit? Mimo jiné je potřeba znát kartografické zásady a následně jejich znalost při tvorbě díla využít. Nicméně jelikož tyto zásady nebyly do GISu dosud implementovány, uživatelům nic nebrání vytvářet mapy vlastní, aniž by si byli vědomi existence zmíněných konvencí. Jinými slovy, pokud je mapa tvořena bez dodržení kartografické gramatiky<sup>1</sup>, neexistuje žádná záruka, že mapy budou efektivní.

Tento přesun odpovědnosti vytvořil potřebu rozšíření kartografické vzdělávací základny, a to zejména mimoškolské instituce. S průběžnou expanzí, a nejen díky ní se začaly názory autorit rozcházet a kartografická gramatika nabyla v různých částech světa různých podob. Je proto důležitější než kdy dřív položit si otázku: Jsou námi zažité konvence stále platné nebo dnes pouze zastávají funkci přehnaného formalismu?

---

<sup>1</sup> Termín „kartografická gramatika“ je převzat z práce Kraaka a Ormelinga (2003).

# 1 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce bylo **ověřit platnost vybraných kartografických konvencí pomocí technologie eye-tracking**. Realizace a úspěšného splnění zásadního cíle práce bylo dosaženo pomocí cílů dílčích, které byly stanoveny jak pro teoretickou, tak praktickou část práce.

Prvním z dílčích cílů bylo vytvoření důsledné rešerše domácí i zahraniční literatury. Pro účely práce byly v rámci rešerše zpracovány monografie, odborné publikace, případové studie i jiné zdroje zabývající se zejména tematickou kartografií, efektivní tvorbou tematických map, a to jak s důrazem na zásady, tak i časté chyby tvorby. Na vytvořenou rešerši navázal další cíl, jenž spočíval ve zvolení výstižných konvencí<sup>2</sup>, které budou podrobeny testování v rámci praktické části. V teoretické části práce byly tedy stanoveny následné dílčí cíle:

- zpracovat **rešerši relevantní domácí a zahraniční literatury**,
- **zvolit relevantní konvence** vhodné pro testování.

Praktická část práce rovněž sestávala z několika dílčích cílů, přičemž první z nich tkvěl ve vytvoření stimulů dvojího typu, a to konkrétně map v rámci vybraných konvencí a map tyto konvence porušující. Následujícími cíli bylo připravit eye-tracking experiment zahrnující zmíněné stimuly a provést testování na respondentech bez kartografického vzdělání. Další cíl spočíval v doplnění experimentu subjektivní výzkumnou metodou v podobě dotazníku a rozhovoru. Praktickou část uzavřel segment, který si za cíl kladl naměřená data vyhodnotit, zdůvodnit výsledky, vyvodit závěr a tím ověřit platnost či neplatnost vybraných konvencí. Praktická část byla tedy tvořena níže uvedenými cíli:

- **vytvořit stimuly** v rámci konvencí a v rozporu s konvencemi,
- **připravit a realizovat eye-tracking experiment** na respondentech bez kartografického vzdělání,
- **vytvořit a realizovat doplňující subjektivní metodu** (dotazník a rozhovor),
- **vyhodnotit zjištěné poznatky, odůvodnit výsledky a vyvodit závěry** o platnosti či neplatnosti vybraných konvencí.

Realizace a naplnění cílů práce přinese vhled a nová poznání do akademické sféry. Nekartografům tvořící mapy práce zprostředkuje stěžejní poznatky z oblasti kartografické gramatiky nezbytné pro efektivní tvorbu map a pro odborníky z dané oblasti se může stát vznesením dotazu, zda není na čase přehodnotit dosavadní paradigmaty.

---

<sup>2</sup> Dle slovníku cizích slov je konvencí myšlena určitá dohoda, úmluva, společenské pravidlo či ustálený způsob jednání.

## 2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Hlavním cílem diplomové práce bylo ověřit platnost vybraných kartografických konvencí. V této kapitole jsou blíže představeny jednotlivé metody, data a programy, které byly během tvorby práce využity. Metodám, datům a programům odpovídají jednotlivé podkapitoly této kapitoly. V závěru kapitoly je poté blíže rozepsán časový postup zpracování diplomové práce.

### **Použité metody**

Realizace a úspěšné splnění teoretických a praktických cílů práce bylo dosaženo s využitím moderních dostupných metod a technologií.

Rešerše a následné zvolení relevantních konvencí vhodných pro testování, které tvořily cíle teoretické části práce, byly výsledkem podrobného studia domácí a zahraniční literatury, odborných publikací, případových studií a jiných odborných příspěvků uvedených v seznamu literatury.

Hlavní využívanou metodou k dosažení cílů praktické části byla metoda eye-tracking. Tato moderní a objektivní technologie je založená, jak už název napovídá na principu sledování pohybu očí během vnímání určitého vizuálního vjemu či stimulu. Eye tracking se řadí mezi objektivní metody charakteristické tím, že ukazuje přesně to, co respondent dělá, a ne to, co si myslí nebo říká (Rohrer, 2014). Za objektivní metody považuje Svoboda (1999) takové, které zajistí, že výsledky nebudou záměrně zkresleny testovanou osobou a vyhodnocení výsledků nebude ovlivněno osobou hodnotitele. Goldberg a Kotval (1999) shrnují, že eye-tracking je objektivní metoda z toho důvodu, že je nezávislá na názoru konkrétní osoby.

Subjektivní stránku uživatelského hodnocení zajistily doplňující metody použité v praktické části práce, konkrétně dotazníkové šetření a individuální rozhovor. Výsledky doplňujících subjektivních metod sloužily k dokreslení výzkumu a také ke zdůvodnění objektivně zjištěných výsledků.

### **Použitá data**

Pro účely eye-tracking experimentu byly vytvořeny stimuly sestávající z map, zadání úkolů a fixačních křížů, které tvořily hlavní a jedinou náplň eye-tracking testování. Podkladovými daty pro tvorbu mapových stimulů byly vrstvy ve formátu shapefile z Digitální vektorové geografické databáze České republiky ArcČR® 500 (konkrétně to byly vrstvy *ObcePolygony*, *ObceBody* a *OkresyPolygony* z geodatabáze *AdministrativniCleneni\_v13* a vrstvy *Silnice\_2015*, *VodniToky* a *Zeleznice* z geodatabáze *ArcCR500\_v33*). K vytvoření stimulů znázorňujících náhodné území sloužily různě velké výřezy výše zmíněných vrstev. Dalším zdrojem dat byla data naměřená vlastními metodami testování v průběhu práce, tedy výstupy eye-tracking testování, dotazníkového šetření a rozhovoru. Data z eye-tracking testování byla naměřena pomocí bezkontaktního

přenosného eye-trackeru *GP3 HD Eye Tracker*<sup>3</sup> s frekvencí 150 Hz od společnosti Gazepoint.

### **Použité programy**

Tvorba stimulů probíhala v prostředí *ArcGIS Pro* ve verzi 2.7.1 od společnosti ESRI a také v grafickém softwaru *Adobe Illustrator CS6* od vývojáře Adobe Systems. Za účelem vytvoření mapových stimulů bylo využito on-line nástroje<sup>4</sup> pro tvorbu barevných stupnic (Hohnová, 2016). Ze zmíněných programů byly veškeré stimuly exportovány a následně v programu *IrfanView 4.57* upraveny na požadovanou velikost 1920 × 1080 px, což je rozlišení monitoru, jenž byl používán při testování. Úhlopříčka displeje je 68,6 cm (27").

Samotný eye-tracking experiment spolu s pilotáží byl připraven a proveden v softwaru *Gazepoint Analysis a Gazepoint Control*, které jsou spolu s eye-trackerem GP3 HD součástí balíčku nabízeného společností Gazepoint. Z výše zmíněného softwaru *Gazepoint Analysis* byla data exportována a pomocí nástroje *gp2ogama 1.0*<sup>5</sup> převedena do softwaru *OGAMA 5.1*, kde došlo k jejich analyzování a vyhodnocení. Statistické zpracování dat probíhalo v tabulkovém procesoru *Microsoft Excel 2016* z balíku MS Office 365 a v softwaru RStudio v. 4. 0. 5.

On-line dotazník byl vytvořen v prostředí *Microsoft Forms*, který je rovněž součástí Office 365. Jeho statistické zpracování a tvorba výsledků probíhaly v tabulkovém procesoru *Microsoft Excel 2016*.

Jednotlivé rozhovory byly se souhlasem respondentů zaznamenávány pomocí mobilního telefonu iPhone 8 a následně přepsány do dokumentu vytvořeného pomocí textového procesoru *Microsoft Word 2016*.

### **Postup zpracování**

Postup zpracování diplomové práce byl stanoven na základě konzultací s vedoucím práce, jinými odborníky a konzultanty a byl rozdělen do několika kroků, které lze vidět na Obr. 1. Prvním a značně podstatným krokem bylo studium relevantní literatury zabývající se problematikou tvorby tematických map. Bez důsledně zpracované rešerše literatury nemohlo být přistoupeno k následujícímu kroku, který byl na rešerši založen a spočíval ve výběru vhodných konvencí pro následné testování. Tento krok byl vzhledem ke své významnosti doprovázen řadou konzultací s pracovníky katedry a jeho výsledkem bylo zvolení takových konvencí, jejichž významnost, relevantnost a frekvence porušování dosahuje v praxi nejvyšších hodnot. Následně již v rámci praktické části práce byl položen návrh experimentu a testovacího plánu, který mimo jiné obsahoval celkový

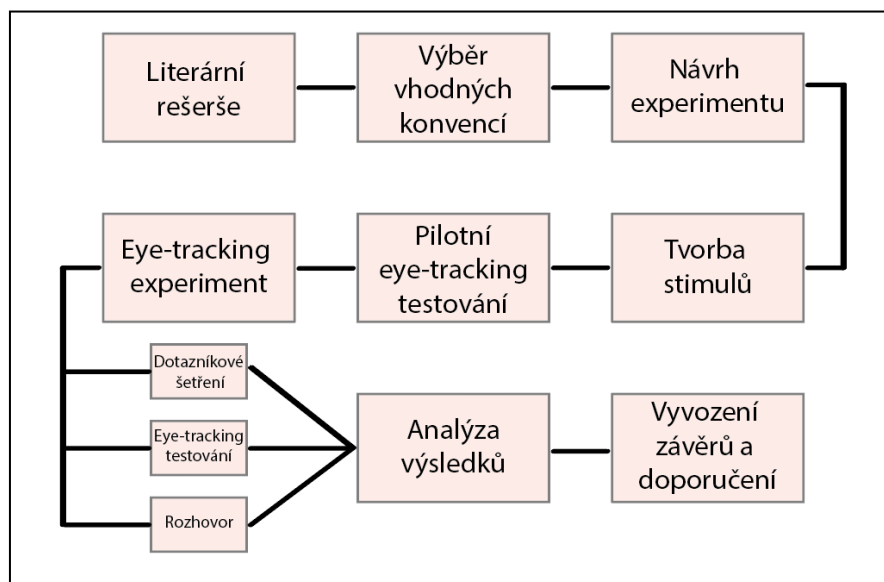
---

<sup>3</sup> Původně mělo testování probíhat v laboratoři na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci pomocí statického eye-trackeru Tobii Spectrum s frekvencí 300 Hz. Tento plán byl pozměněn z důvodu vládních nařízeních spojených s celosvětovou pandemií covid-19.

<sup>4</sup> <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/hohnova16/stupnice.php>

<sup>5</sup> <http://www.eyetracking.upol.cz/gp2ogama/>

počet respondentů, testovací prostředí a vybavení. Tento plán musel být ovšem z důvodu vládních nařízení spojených s celosvětovou pandemií covid-19 pozměněn a do své konečné podoby byl finalizován až před započítáním samotného experimentu. Bylo také nutné se seznámit s novým softwarem GazePoint Analysis a osvojit si práci s přenosným eye-trackerem GP3 HD. Poté byla většina času věnována tvorbě stimulů v rámci jednotlivých konvencí a v rozporu s nimi. Do tvorby stimulů byly rovněž zapracovány poznámky plynoucí ze série konzultací s odborníky. Následujícím krokem bylo provedení pilotního testování s pomocí dvou respondentů, kterým byl předložen návrh stimulů. Během a po plnění úkolů s nimi bylo konzultováno, jak jednotlivým zadáním rozumí, co si pod ním představí a jak daný úkol chápou. Na základě zpětné vazby těchto respondentů byly stimuly znázorňující zadání úkolů pozměněny do jejich finální podoby, aby se předešlo případným nesrovnalostem. Stimuly s mapami a fixačními křížky zůstaly beze změny. Po pilotáži bylo započato se samotným eye-tracking experimentem, kterého se zúčastnilo 30 respondentů bez kartografického vzdělání různého věku, pohlaví i statusu (student/pracující). Byl vytvořen on-line dotazník, který obsahoval otázky týkající se základních údajů uživatelů a také dotaz ohledně jejich dosavadní zkušenosti s mapami. Tento dotazník byl jednotlivými respondenty vyplněn vždy bezprostředně před eye-tracking testováním. Experiment byl poté zakončen individuálním rozhovorem mezi autorem a respondentem, který směřoval na zjištění názoru ohledně srozumitelnosti a přehlednosti mapových stimulů. Závěrem praktické části byla vyhodnocena a analyzována nasbíraná data a následně byly vyvozeny patřičné závěry a navržena vhodná doporučení.



Obr. 1 Postup zpracování diplomové práce (zdroj: vlastní tvorba).

### 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Pro vytvoření diplomové práce bylo klíčové nastudovat relevantní domácí a zahraniční literaturu zabývající se obecnými poznatky z oblasti tvorby tematických map včetně zásad i chyb. Lze přitom nadneseně prohlásit, že v akademické sféře věnující se tvorbě tematických map platí rčení 100 lidí, 100 chutí. Na tento problém poukazuje např. Vondráková (2007), když tvrdí, že v oblasti tvorby tematických map nikdy nedošlo ke standardizaci a unifikaci výrazových prostředků jazyka mapy.

V této kapitole byly nejdříve v rámci zasazení problematiky do širší teoretické roviny vymezeny základní pojmy týkající se tematické kartografie pohledem různých autorů. Dále byl krátký prostor věnován kartografickému komunikačnímu procesu. Poté už byla pozornost upřena na všeobecné zásady uplatňované při procesu tvorby map a následně na kartografické konvence, jejichž platnost byla v praktické části testována. Závěrem byla nastíněna technologie eye-tracking.

#### 3.1 Vymezení základních pojmů

##### 3.1.1 Tematická kartografie, tematické mapy a výzvy současné kartografie

Jak již bylo avizováno výše, pojetí různých pojmů se mezi autory liší. Tradičním však zůstává dělení map na topografické a tematické. Topografické mapy obecně poskytují obraz zemského povrchu tím, že znázorňují například silnice, řeky, domy či vegetaci. Naproti tomu mapy tematické představují distribuci jednoho konkrétního jevu a pro správné znázornění této distribuce potřebují podklad v podobě mapy topografické. Hranice mezi výše uvedenými pojmy však není úplně ostrá. Jak uvádí Kraak a Ormeling (2003), tematickou mapou se může stát i mapa topografická, pokud graficky zvýrazní jeden aspekt tak, že ostatním přiřadí status podkladu.

Voženílek, Kaňok a kol. (2011) zastávají názor podobný a uvádí, že podstatou tematické mapy je přednostní podrobné znázornění jedné nebo více vlastností objektů či prostorových procesů na úkor vlastností nebo procesů nevýznamných.

Voženílek (2001) také zmiňuje, že kromě termínu „tematická mapa“ bývá někdy, zejména v anglosaské literatuře<sup>6</sup>, využíváno termínu „statistická mapa“, jež se chápe jako mapa přímo vyjadřující statistické údaje. Používání termínu „statistická mapa“ u zahraničních autorů potvrzuje například Slocum (2005).

Dalším užívaným termínem, na který lze v zahraniční literatuře narazit, je „special-purpose map“ neboli „mapy se speciálním účelem“. I když se názvosloví liší, obsahově zůstávají pojmy neměnné. Robinson (1995) dále o tematických mapách uvádí, že v minulosti měly tendenci být z důvodu špatného rozlišení dostupných dat spíše menších měřítek, avšak s rostoucí kvalitou dat a také poptávkou po přesnějších prostorových informacích jsou stále více produkovány v měřítkách větších. S ohledem na

---

<sup>6</sup> V historii české kartografie se lze rovněž setkat s tímto termínem.

současnou situaci se tvrzení ukázalo více než pravdivé, což ještě více potvrzuje potřebu otestovat platnost konvencí právě na tematických mapách.

Zpracováním tematických map a studiem metod znázorňování tematického obsahu se zabývá tematická kartografie, dílčí oblast kartografie, vyvíjející se souběžně s ní. „I když se tematická kartografie neustále vyvíjí, má již dnes spoustu zásad, pouček, pravidel, zákonů, metod a také praktických postupů, které v závěrečné fázi zpracování informací o území umožňují zobrazení prostorových dat do formy kartografických děl. Zatím není jiná vědní disciplína, která by byla schopna realizovat tuto činnost lépe“ (Voženílek, 2011, s. 11).

Tematická kartografie je multidisciplinární obor, přičemž nejužší spojení navázala, díky již výše zmíněné digitální revoluci, s geoinformatikou a GIT, zejména pak s GIS. Voženílek (2011) daný vztah označuje až jako symbiotický. Symbiózu pak blíže popisuje Richmond (1993) spolu s Konečným a Voženílkem (1999), kteří tvrdí, že tematická kartografie stejně jako kartografie obecně užívá ve svém působení specifických metod vizualizací dat programových geoinformatických produktů nebo značné množství prostorových dat s četným obsahem atributů spravovaných v prostorových databázích. Wood (1994) se na zmíněnou mezioborovou spolupráci dívá z opačného hlediska a uvádí, že metody tematické kartografie jsou klíčové pro správnou prezentaci výsledků a dat GIT a obecně geoinformatiky.

Rozdíl mezi tematickou kartografií a jinými vědními disciplínami spočívá mimo jiné v jejím specifickém vyjadřovacím systému nazývaném „jazyk mapy“. Klíčová je z důvodu expanze mapové produkce mezi nekartografy interdisciplinární povaha jazyku, „vůči kterému jsou kartografové povinni vystupovat analogicky jako jazykovědci vůči přirozenému jazyku – musejí ho zkoumat, poznávat, zjišťovat jeho vyjadřovací prostředky, jeho organizaci a formulovat pravidla jeho používání“ (Voženílek, 2011, s. 14).

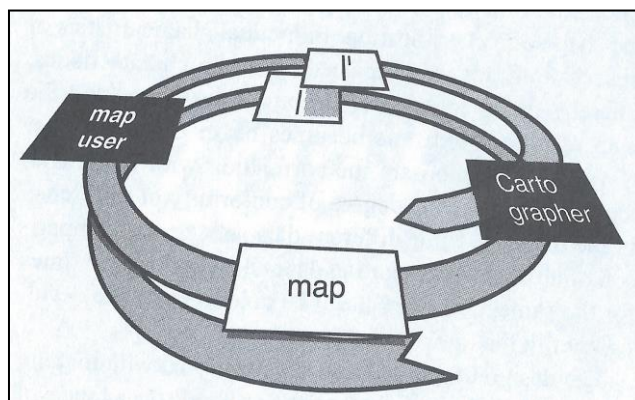
Nárůst poptávky po kartografických produktech zapříčinil výše zmíněnou expanzi mapové produkce mezi pracovníky různých oborů a profesí. Tato skutečnost, spolu s mezioborovou náturou kartografie, vznesly světlo na nové a komplexní podněty, pojmy a otázky, na které je třeba patřičně reagovat. Značná část kartografických výzkumů a případových studií se tak zaměřila na výzkum užití map, čtení map, použitelnost map, kartografickou komunikaci, dovednost či gramotnost (např. Šašinka 2012; Mrázková 2013; Gołębiowska 2015). Vondráková (2016) uvádí, že jednou z výzev současné kartografie je kognitivní kartografie, představující poměrně novou vědní disciplínu vzniklou fúzí kartografie a psychologie, která se za pomoci dílčích psychologických aspektů zabývá výzkumem vybraných složek kartografické komunikace. Jelikož je tematika kognitivní kartografie a s ní spojená kognice a percepce značně rozsáhlá,

vystačila by na samostatnou práci<sup>7</sup>. Proto jí zde nebyl věnován další prostor a práce se v rámci držení se zadání dále zaobírala zažitými konvencemi mezi tvůrci map.

### 3.1.2 Komunikační proces v kartografii

Jednou ze základních funkcí map je funkce komunikační, jelikož hlavním úkolem kartografie je přenos informací od odesílatele směrem k příjemci, přičemž mapa zde naplňuje funkci komunikačního média, tvůrce mapy zastává roli odesílatele informace a čtenář roli příjemce. Miklín, Dušek a kol. (2018) tvrdí, že s kapkou nadsázky by se dalo říci, že mapy nám říkají přesně to, co jejich tvůrci. Jestliže ale tvůrci map nedisponují kartografickými znalostmi, vznikají mapy, které mohou porušovat komunikační funkci dvěma způsoby. Buď nesdělí to, co bylo jejich účelem, anebo je výčet znázorněných informací nejednoznačný, ba dokonce chybný. Ideálně by tvorba tematické mapy měla sestávat ze spolupráce dvou garantů (specialistů). Prvním ze specialistů by měl být oborový odborník (klimatolog, ekolog), který potřebuje vyjádřit svá tematická data v mapě, a druhý pak kartograf, který správnou vizualizací dat zabezpečí, aby dané dílo komunikační funkci plnilo. Tvorba map v podobě spolupráce daných odborníků se však objevuje se stále nižší frekvencí. Proto jsou také díla náchylnější k nesplnění komunikační funkce (Voženílek, 2011).

Úkolem uživatele konkrétního díla je pak z mapy správně vyčíst sdělované informace. Jak lze však vidět z Obr. 2, odvozené informace (I') se nikdy nebudou zcela překrývat či shodovat s původními informacemi (I). Důvodů k tomu může být hned několik, a to jak na straně tvůrce, tak u uživatele. Co se týče tvorby mapy, pokud se na ní nepodílí oborový odborník, nastává zde možnost, že mohl kartograf či laik dílo tvořící interpretovat původní data nepřesně a tuto nepřesnost pak zanést do mapy. Pakliže je interpretoval správně, stále se mohl při vizualizaci dat dopustit chyb během procesu mapování. Chyba na straně uživatele nastává tehdy, jestliže ze správných dat vyvodí nesprávné závěry nebo data interpretuje nesprávným způsobem. Jednoduše řečeno, během komunikačního přenosu informace existuje dostatek možností vedoucích k tomu,



Obr. 2 Model komunikačního procesu v kartografii (zdroj: Kraak, Ormeling, 2003).

<sup>7</sup> Pro obsáhlejší popis a detailnější uvedení do problematiky kognitivní kartografie viz práci Montella (2002), Popelky (2018), či Beitlové (2017).



že se odvozené informace neshodují s informacemi původními (Kraak, Ormeling, 2003). Pro eliminaci těchto různých zdrojů chyb a zajištění správného přenosu dat pomocí takové vizualizace, ze které je uživatel schopen vyvodit správné závěry „*je nezbytně nutné, aby metodické pokyny tvorby tematických map dodržovaly všeobecné kartografické zásady, tzn. aby respektovaly teoretické poznatky kartografické sémiologie, izomorfismu a informatiky*“ (Voženílek, 2011, s. 25).

Klíčovou roli zde hraje zpětná vazba od praxe, díky které je kartograf schopen kontrolovat efektivitu kartografických produktů, kterou může v závislosti na vyhodnocení zpětné vazby zlepšit. To mu umožní vyvodit nové a lepší teoretické poznatky, které pomáhají eliminovat nežádoucí pragmatismus v kartografické tvorbě.

### **3.1.3 Zásady tvorby tematických map**

Tvůrce kartografického díla by měl během mapotvorného procesu, ale i mimo něj brát ohled na existenci určitých uplatňovaných regulí, metod či postupů. Od obecnějších, které mohou být považovány za zákonitosti v kartografii (Pravda, 1983a, 1983b) nebo za zásady, např. během tvorby tematických map (Drápela, 1983), ke konkrétním principům a pravidlům užívaných například během použití kartografických znaků při označování objektů a jevů či jejich charakteristik (Pravda, 1997), při konstrukci kartodiagramů či barevných stupnic (Kaňok, 1999) nebo užívaných při jiných mapotvorných procesech.

Tato práce se zaměřila na zásady užívané při tvorbě tematických map, které poprvé ve své knize popsal Drápela (1983) a dále se vyskytují v dílech Kaňoka (1999), Voženílka (2001) a jejichž finální podobu ztvrdili ve společném díle Voženílek, Kaňok a kol. (2011).

Drápela (1983) tvrdí, že níže uvedené zásady byly definovány na základě principů teoretické kartografie a praktických zkušeností a uvedl, že existuje celkem devět všeobecných zásad tvorby tematických map:

- zásada výběru,
- zásada jednoty,
- zásada měřítko,
- zásada koordinace,
- zásada generalizace,
- zásada jednoduchosti,
- zásada srozumitelnosti,
- zásada zvýraznění dominant,
- zásada prostorové názornosti.

**Zásada výběru** se opírá o základní podstatu tematické mapy, která spočívá v přednostním podrobném vyjádření jedné či několika vlastností prostorových objektů před vlastnostmi nepodstatnými. Dle zásady každé zpracovávané téma vyžaduje individuální přístup během sestavování jeho obsahu, zejména pak při výběru jevů.

To úzce souvisí se stupněm kartografické generalizace a měřítkem mapy. Sestavování obsahu mapy spolu s výběrem jevů je zcela podřízeno účelu (cíli) mapy, který se odráží v jejím názvu, kde je stručně a jednoduše vymezeno věcné (hlavní téma), prostorové (územní celek) a časové (období) určení. Ač se to nezdá, správně vymezené určení v názvu mapy je klíčové pro správnou interpretaci mapy uživatelem, jelikož je první věcí, na kterou padne uživatelův zrak (Voženílek, 2011).

**Zásada jednoty** vyjadřuje potřebu zkoumat prostorové objekty a jevy ve vazbách s jinými objekty a jevy, s nimiž souvisí. Oddělené či individuální znázornění a zkoumání jevů by bylo chybou, a to z toho důvodu, že znázorňované téma tvoří s prostorem svého výskytu jednotu, jež musí být zřejmá i z výsledné mapy. Proto je potřeba upřít zpracování všech jevů stejnou pozornost, což by mělo zajistit, že se na mapovém poli nevyskytnou hluchá či slabá místa. Jelikož by tvorba tematických map měla být dílem řady odborníků, nejvhodnějším způsobem dodržení zásady jednoty je týmová mezioborová spolupráce (Kaňok, 1999).

**Zásada měřítka** je rovněž podmíněna účelem (cílem) mapy a koreluje se zásadou generalizace. Ke všem měřítkům se musí přistupovat individuálně, protože každé měřítko „*vyžaduje specifické postupy sestavování mapy, vyžaduje odlišný přístup k výběru prvků obsahu mapy, uplatňuje různé metody a úrovně generalizace a v jejich důsledku i jiný způsob a jiné formy znázorňování, úpravu znakového klíče a řešení proporcionality*“ (Voženílek, 2011, s. 30).

**Zásada koordinace** se opírá, o již výše zmíněný fakt, že tvorba tematických map by měla být dílem týmové mezioborové spolupráce. Často se totiž stává, že jsou prostorové objekty či jevy na mapě zpracované správně, co ale snižuje hodnotu výsledného efektu díla je špatná koordinace mezi autorskými (oborovými odborníky) a sestavitelskými (kartografy) pracemi. Kaňok (1999) proto uvádí, že každá tematická mapa se zpracovává minimálně ve dvou základních fázích spočívajících ve stanovení mapového obsahu oborovým odborníkem a v jeho zobrazení do kartografického výstupu kartografem. Výsledek však musí být na závěr oborovým odborníkem schválen, aby se zamezilo změně obsahu. Pro maximalizaci výsledného efektu a účinnosti díla je proto klíčová mezioborová komunikace a koordinace práce.

**Zásada generalizace** vychází z podstaty kartografické generalizace, která spočívá ve výběru a zevšeobecnění obsahu, s ohledem na zobrazení skutečností v jejich hlavních rysech a zvlátnostech podle účelu a měřítka mapy. Na mapě malého měřítka bez generalizace nelze přehledně vyjádřit složité prostorové vazby, a proto často platí, že méně někdy znamená více. Kartografická generalizace tvoří významnou část mapotvorného procesu a bez jejího detailnějšího studování podléhají kartografická díla značnému vlivu subjektivismu. Současné GIS produkty totiž nabízí pouze nástroje ke generalizaci, ale blíže se jí nevěnují. Způsob jejich aplikace je tak plně v režii autora (Voženílek, 2011).

**Zásada jednoduchosti** je rovněž založena na rčení méně někdy znamená více. Velice často se stává, že ve snaze využít maximální potenciál GIS produktů pro vizualizaci objektů či jevů dojde k předimenzování obsahu mapy a neúměrně vysoké náplni, což vede k nečitelnosti a nepoužitelnosti mapy. Je třeba si uvědomit, že mapa jednoduchá sdělí informaci rychleji, efektivněji, a ve výsledku tedy i více uživatelům než mapa složitá. Zásadu jednoduchosti je proto třeba dodržet u všech součástí mapy – u kompozice, topografického podkladu, strukturovanosti legendy, znakového klíče, popisu apod (Kaňok, 1999).

**Zásada srozumitelnosti** vyjadřuje že srozumitelnost tematické mapy je přímo úměrná jednoduchosti čtení jejích znaků a jejího jazyka celkově. Cílem je udržet pohled čtenáře na legendu mapy po co nejkratší dobu, tedy vytvořit znakový klíč, který je srozumitelný sám o sobě, aniž by vůbec nějakou legendu k dekódování potřeboval. Na zásadu srozumitelnosti se lze však dívat i z jiného úhlu pohledu. Ve spojitosti s tím, používá Voženílek (2011) dva pojmy, autorskou a oborovou slepotu. První z nich nastává v situaci, kdy autor označuje mapu za srozumitelnou, protože on sám ji rozumí. Druhá vzniká tehdy, když mapu vytvoří odborníci jakéhokoliv oboru a srozumitelnost obhajují tvrzením, že všichni v daném oboru rozumět budou. Neberou však v potaz osoby s jinou odborností, jinou úrovní orientace v tématu či osoby se specifickým barvocitem nebo jinou vadou zraku, jež taktéž mohou spadat mezi adresáty.

**Zásada zvýraznění dominant** se opírá o základní funkci mapy, kterou je přenos informace z tvůrce na čtenáře. Je proto klíčové, aby hlavní vyjadřovací prostředek, pomocí kterého je znázorněna kýžená informace či prvek obsahu mapy, byl v mapě nejdominantnější (Kaňok, 1999). Tím se zabezpečí komunikační proces a vzroste šance, že odvozené informace čtenářem budou shodné s původními informacemi tvůrce.

**Zásada prostorové názornosti** znamená, že „*prostorová diferenciacie (vyjádření prostorových rozmístění) a dimenze (vyjádření prostorových vazeb) na tematické mapě musí odpovídat skutečnosti a účelu mapy, protože vyjádření podobnosti a odlišnosti znázorňovaného tématu je hlavní předností map*“ (Voženílek, 2011, s. 27). Je třeba si také uvědomit, že čtenář mapu interpretuje ze dvou vzdáleností. Jako první se z větší vzdálenosti zaměří na kompozici mapy, z názvu si odvodí téma mapy, poté díky dominantním vyjadřovacím prostředkům odvodí základní prostorové charakteristiky znázorňovaných jevů, které tvoří hlavní téma mapy. Z kratší vzdálenosti pak odvozuje detaily obsahu mapy, jako popis či znaky.

### **3.2 Vybrané kartografické konvence**

Dosud byly představeny pouze obecné zásady týkající se tvorby tematických map tvořící pomyslný základní kámen. Každá z výše uvedených zásad však sestává z velkého množství zásad detailněji zaměřených, ať už na nějaký prvek mapy či část mapotvorného procesu. Ten je nutno vnímat jako činnost značně komplexní a obsáhlou, sestávající z několika dílčích činností, které mohou samotné „tvorbě mapy“ ve smyslu vyjádření

obsahu do podoby mapového díla předcházet nebo to mohou být činnosti doprovodné. To ale neznamená, že nejsou významné, na finální podobu mají taktéž značný vliv. Proto je potřeba se i na tyto činnosti zaměřit a vnímat zásady či pravidla, které jsou pro ně stanoveny. V práci těmto konvencím další prostor věnován nebyl, jelikož to není v její náplni.

Náplní práce je ověřit platnost pěti konvencí, jež byly vybrány z obrovského množství konvencí, se kterými se lze v rámci odborných kruhů setkat. Výběru předcházelo rozsáhlé studium relevantní literatury a konzultace s odborníky. Dlužno dodat, že práce je omezena na ověření pěti konvencí z toho důvodu, aby mohlo být testování provedeno důkladně. Kritériem pro volbu konvencí nebyla pouze jejich významnost či relevance v procesu tvorby map, ale také frekvence jejich porušování ať už studenty kartografie, laiky působící mimo obor anebo profesionály, přičemž nebylo důležité, zda byly porušovány záměrně či nevědomky. Vybrány a blíže popsány v následujících podkapitolách byly konvence z oblastí:

- využití barvy pro kvantitativní rozlišení jevů,
- využití rastru pro kvantitativní rozlišení jevů,
- použití konvergentních a divergentních stupnic pro zobrazení dat,
- umístění střední hodnoty na divergentní stupnici,
- uspořádání legendy.

### **3.2.1 1. konvence – využití barvy pro kvantitativní rozlišení jevů**

Používání barev a vnímání barev je nedílnou součástí sdělování informací skrz mapová díla. Používat barvy efektivně je však pro tvůrce map dle Fielda (2018) jednou z hlavních výzev. Tuto skutečnost tvrdil již Robinson (1995), když používání barev na mapách označil za jeden z nejzajímavějších a zároveň nejnáročnějších aspektů kartografie. Voženílek (2001) pak barvu v rámci kartografických vyjadřovacích prostředků staví do zvláštního postavení, jelikož nejen že zastává roli vyjadřovacího prostředku sama o sobě, ale současně tvoří i součást všech prvků mapy. V tematických mapách zastává barva dvě funkce, informační a estetickou (Novák, Murdych, 1988). V rámci první funkce je barva jakožto jedna z vizuálních proměnných schopna stát se nositelem informace, tudíž je chápána jako součást mapového jazyka. Jak zmiňuje Brychtová (2015), změna v parametru vizuální proměnné mapového znaku znamená změnu jevu, který znak představuje. Druhá funkce spočívá v estetickém oživení mapy. Barva má totiž při správném a opatrném použití potenciál zásadně ovlivnit efektivitu sdělování výsledné informace. Vliv nutno chápat dvousečně. Stejně tak jak dokáže vzhled mapy pozvednout, může ji i degradovat. Důležité je zmínit, že na rozdíl od umění, kde barva slouží zejména k zaujmutí pozornosti adresáta, v kartografii je jejím hlavním cílem urychlit přenos informací. Nicméně při práci s grafickými systémy, které dokáží generovat přes 16 miliónů barev, je těžké odolat nadužívání barev, což často vede ke snížení její informační funkce. Ke kompletnímu porozumění toho, jak v mapě barvy

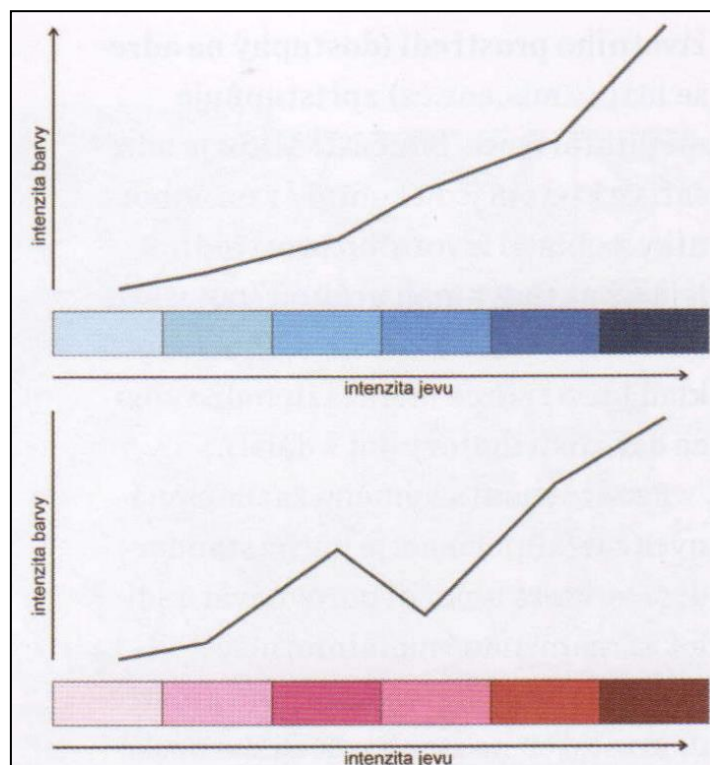
použít tak, aby obě své funkce zcela naplnily, je nutné detailně zkoumat problematiku fyzického, psychologického a percepčního působení barev<sup>8</sup>.

Přestože je využívání barvy pro kvantitativní rozlišení jevů nelehkou záležitostí, je to jedna z nejběžnějších metod znázornění statistických dat. Klíčovou je zde správně sestavená barevná stupnice, což je „*nástroj, který umožňuje v mapě kvantifikačně hodnotit jev prostřednictvím vybraných parametrů kartografických znaků*“ (Kaňok, 2011, s. 97). V tematické kartografii se primárně rozlišují dva typy barevných stupnic, a to kvantitativní a kvalitativní. Další pojetí dělení se u různých autorů liší, nejčastěji se ale dále dělí na konvergentní (unipolární, sekvenční, jednokoncové) a divergentní (bipolární, dvoukoncové). V rámci sestavování stupnic kvantitativních platí zásada: **čím vyšší intenzita jevu, tím vyšší intenzita barvy**, přičemž zvýšení intenzity barvy je dosaženo pomocí změny jejího odstínu. Právě sestavení barevné stupnice je při mapotvorném procesu častým kamenem úrazu, jelikož je poměrně velké množství chyb, kterých se lze dopustit. Příkladem může být využití několika různých barev, které ve čtenáři evokují pocit nesrozumitelnosti a ten je pak interpretuje kvalitativně. Za chybné se také považuje použití sady odstínů, kde se rozpětí intenzit nepohybuje v dostatečně širokém intervalu, což čtenáři znemožňuje odstíny od sebe rozeznat. Další varianta chyby je obrácený postup čili situace, kdy se zvyšováním intenzity jevu dochází ke snižování intenzity barvy. Poslední a velmi častou chybou je tzv. propad barvy.

Propadání barev je kartografická chyba, která nastává tehdy, je-li při sestavování barevných stupnic porušena řada za sebou jdoucích barev s postupně se zvyšující intenzitou. Jinými slovy, ve stupnici se vyskytuje jev, kdy jedna z barev má nižší intenzitu než barva předchozí. Propadání barev se věnují také Kaňok a Voženílek (2008) v jejich sérii nazvané Chyby v mapách a jako vhodný způsob vyhnutí se propadu barvy navrhnou vykreslení křivky zobrazující intenzitu jednotlivých barev ve stupnicích, kterou lze vidět na Obr. 3. Na obrázku je graficky vyjádřena podstata propadu barvy. V horní části obrázku je zobrazena správně sestavená stupnice, kdy s narůstající intenzitou jevu narůstá také intenzita barvy a ve spodní části lze vidět špatně sestavenou stupnici se zmíněným propadem barvy mezi třetím a pátým odstínem. Lze tedy shrnout, že pokud je křivka neklesající, ideálně trvale rostoucí pod úhlem 45–60°, stupnice je sestavena správně a k propadu barvy nedošlo (Kaňok, Voženílek, 2008).

---

<sup>8</sup> K podrobnějšímu nahlédnutí do problematiky viz práci např. Brychtové (2015).



Obr. 3 Grafické vyjádření podstaty propadání barev (zdroj: Kaňok, Voženílek, 2008).

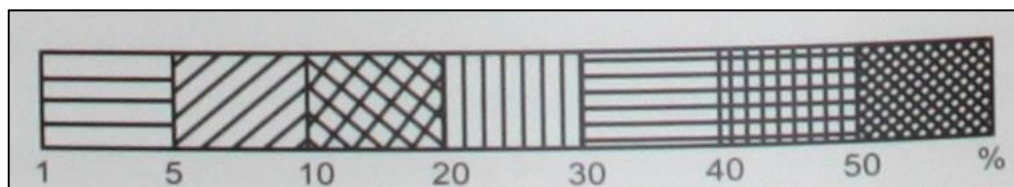
### 3.2.2 2. konvence – využití rastru pro kvantitativní rozlišení jevů

Pro vyjádření intenzity jevu lze kromě barev využít také kvantitativní rastr. Dle Voženílka (2001, s. 65) je rastr „*způsob vyjádření kvalitativních a kvantitativních charakteristik plošných jevů pomocí pravidelně nebo nepravidelně rozmístěných bodových nebo liniových kartografických znaků*“. Pro znázornění kvalitativních či kvantitativních dat se využívá čtyř parametrů rastru, pomocí kterých lze měnit vnější vzhled rastru. Struktura a směr rastru se užívají pro data kvalitativní, hustota a velikost/tloušťka pro data kvantitativní.

Mezi jeden z nejrozšířenějších a nejvíce používaných způsobů, jak znázornit kvantitativní data, patří metoda kartogramu. Právě při tvorbě stupnic pro tuto metodu se pro znázornění intenzity hned po barvách nejčastěji využívá rastr, přičemž nejběžněji je zde rastrem vyjádřena kvantita pomocí šrafování případně tečkování. Areály se rastrem vyplňují tak, aby byl zachován vztah přímé úměry mezi intenzitou jevu a intenzitou rastru, tedy aby byla splněna konvence: **čím větší intenzita jevu, tím intenzivnější rastr**. I zde je tvorba stupnic problematickým místem. Chybovat může autor různými způsoby, například tak, že s narůstající hustotou čar/teček dochází ke zmenšování jejich tloušťky/velikosti anebo naopak při nárůstu tloušťky/velikosti jejich hustota klesá. Obdobně jak je tomu u barev, i u rastru může dojít k jeho propadu a to tehdy, využívá-li se pro znázornění nárůstu intenzity jevu změny struktury či směru při jejich stejné hustotě. Propad rastru mezi 2., 3., a 4. rastrem lze vidět na Obr. 4.

V anglosaské literatuře je zastáván lehce odlišný postoj. Například Field (2018) říká, že změna směru či struktury v podobě překrývání čar k vytvoření šrafovaných vzorů

lze využít pro znázornění jak kvalitativních, tak kvantitativních jevů. Další odlišnost lze spatřovat v tom, že pro zvyšování intenzity jevu nedoporučuje zvyšovat zároveň hustotu i tloušťku/velikost čar/teček, což v rámci české literatury za chybu považováno není. Field zastává jednoznačně názor, že kvantitativní vyjádření jevu se vytváří pomocí změny hustoty při zachování tloušťky nebo naopak změny tloušťky při stejné hustotě.



Obr. 4 Nedodržení konvence což mělo za důsledek propad rastru (zdroj: Kaňok, Voženílek, 2008).

### 3.2.3 3. konvence – použití divergentní stupnice pro dvoukoncová data

Jak bylo zmíněno výše, stupnice představují významnou klasifikační techniku kartografie a jsou součástí každé kvantifikační mapové metody. Před tvorbou stupnice je stěžejní zodpovědět si otázku, zda jsou zpracovávána data kvalitativní či kvantitativní. Na základě odpovědi na tuto otázku dochází k volbě jedné ze spousty různých metod tematické kartografie, který je rozhodující pro další postup. Jednoduše řečeno, „při výběru nebo tvorbě barevných stupnic pro (tematické) mapy jsou klíčová data, která mapa zobrazuje: barevné schéma by mělo odpovídat povaze dat“ (Miklín, Dušek a kol., 2018).

V podkapitole 3. 2. 1 bylo nastíněno základní rozdělení barevných stupnic v kartografii. Problémem barevných stupnic se zabývala americká profesorka Cynthia Brewer, z jejichž prací vychází řada dalších světoznámých geografů a kartografů. Stala se průkopnicem tohoto tématu a mimo jiné spoluvytvořila počítačový nástroj ColorBrewer<sup>9</sup> sloužící pro široký výběr barevných stupnic vhodných pro metodu kartogramu (Slocum, 2005).

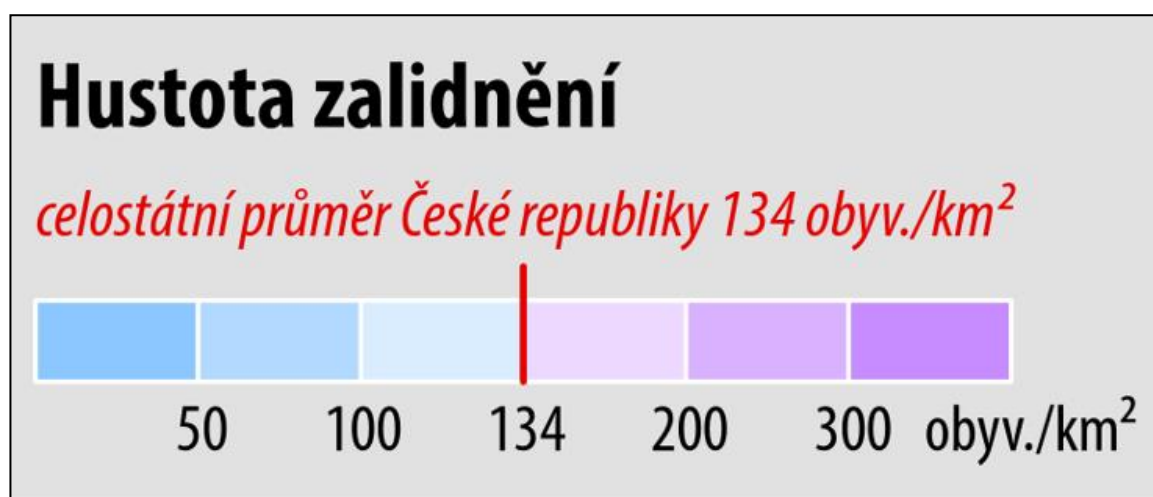
Pro vyjádření unipolárních kvantitativních se používá konvergentní (sekvenční) barevná stupnice. Z hlediska barevnosti lze vybírat ze spousty možností jednotónových nebo vícetónových, jejichž detailní výpis a popis lze nalézt např. ve Voženílek, Kaňok a kol., 2011. Vždy ale platí, že tmavší a sytější barvy se používají pro vyšší hodnoty dat, světlejší a méně syté pro nižší hodnoty dat (Brewer, 1994), jak již bylo blíže popsáno v podkapitole 3. 2. 1.

Pro znázornění bipolárních kvantitativních dat, která jsou charakteristická tím, že se od středové hodnoty vzdalují oběma směry, je využíváno divergentních barevných stupnic. Nejtypičtější příklad využití divergentní stupnice je při zobrazování teploty, kdy středním nebo lomovým bodem je 0 °C, na jedné straně nabývá jev kladných hodnot, na straně druhé pak hodnot negativních. Brewer (1994) tvrdí, že by na divergentní stupnici mělo být nahlíženo jako na dvě konvergentní stupnice jdoucí proti sobě s nejsvětlejším

<sup>9</sup> <http://colorbrewer2.org/>

tónem v jejich středu. Nejčastěji tak bývají dvoutónové nebo třítónové s přechodem ve světlém odstínu jiné než bílé barvy. Využití divergentní stupnice není omezeno pouze na situace, kdy chce autor odlišit jevy kladné od těch negativních (pravá divergentní stupnice), ale mohou být použity také pro znázornění odchylky od střední hodnoty v podobě průměru, modu či mediánu (nepravá divergentní stupnice). Podle umístění střední hodnoty se tak divergentní stupnice dají dále dělit na symetrické (stejný počet intervalů na obou stranách) a asymetrické (různý počet intervalů). Symetrická divergentní stupnice se středem v průměrné hodnotě lze vidět na Obr. 5 (Voženílek, Kaňok a kol., 2011).

Zde popisovaná konvence vychází z tvrzení Brewer (2005), že konvergentní barevná stupnice nemá pro data s bipolární povahou smysl, jelikož neumožní zároveň zobrazit nárůst hodnot do obou konců směrem od lomového bodu. Její využití by bylo chybou, a proto zásada zní, že se *pro zobrazení dvoukoncových dat používá divergentní stupnice*.



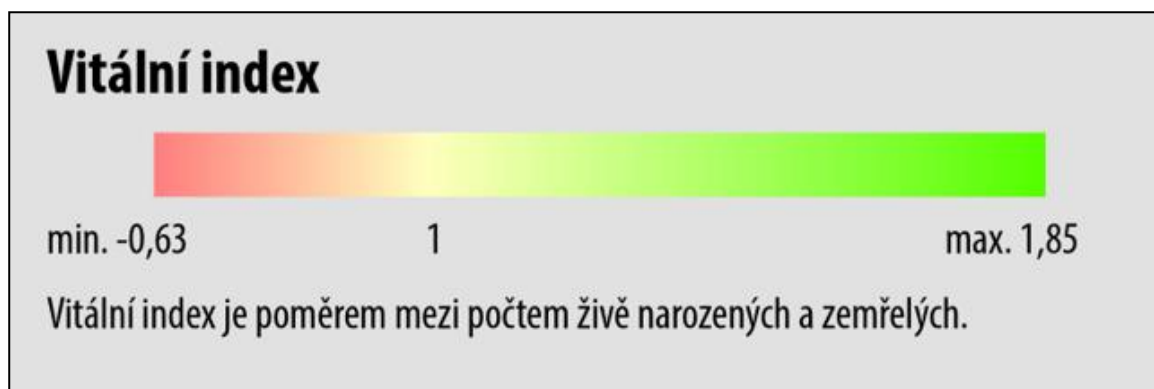
Obr. 5 Symetrická divergentní stupnice s umístěním střední hodnoty v průměrné hodnotě (zdroj: vlastní tvorba).

### 3.2.4 4. konvence – umístění střední hodnoty na divergentní stupnici

Na Obr. 5 lze vidět příklad takzvané intervalové stupnice. Klasifikací stupnic se detailně zabýval Kaňok (1999), který je dělí do dvou hlavních skupin: stupnice intervalové (klasifikované) a funkční (plynulé, spojité). Intervalové stupnice jsou nejpropracovanější a lze se s nimi nejčastěji setkat, jelikož jsou využívány v kartogramech představujících nejčastější metodu tematické kartografie. Spočívají v na sebe plynule navazujících intervalech, přičemž ke každému intervalu ve stupnici existuje minimálně jedna hodnota v mapě. Při správném a vhodném zvolení počtu intervalů a jejich rozdělení umožňuje stupnice snadněji vyčíst informaci a nalézt vzorce a skupiny v datech. Je-li volena metoda kartogramu, „je třeba si uvědomit, že plošné rozložení zobrazovaného jevu (například hustoty zalidnění) nemusí korelovat s použitými územními jednotkami – jinými slovy i když je celý okres vybarven jednou barvou značící určitou hustotu zalidnění, ve



skutečnosti se může hustota zalidnění v jednotlivých částech okresu výrazně lišit“ (Miklín, Dušek a kol., 2018). Přesnou hodnotu tak nelze vyčíst, jelikož intervalová stupnice předkládá pouze limity hodnot hranice intervalu, ve které je daná hodnota umístěna. Negeneralizovaný pohled na data umožňuje stupnice funkční, která je zobrazena na Obr. 6. I když pomocí této stupnice čtenář může zjistit konkrétní hodnotu jevu, v praxi je čtení konkrétních hodnot velmi obtížné. Ve spojitosti s použitím divergentní stupnice pro dvoukoncová data se vyskytuje další komplikace, kterou je správné umístění střední hodnoty (lomový bod). Dle konvence by **střední hodnota měla být na divergentní stupnici umístěna na číslo, které přirozeně dělí kladné a záporné hodnoty**. Skutečnost je však taková, že např. v programu ArcGis Pro není implementován nástroj řešící tuto problematiku, tudíž program defaultně barvy lineárně rozprostře mezi hodnotu minimální a maximální. Tyto hodnoty nemusí být stejně vzdálené od nuly, takže vzniká stupnice, která neplní svůj účel. Místo toho, aby od sebe barevně odlišila hodnoty přirozeně pozitivní od přirozeně negativních, třídí hodnoty na „ty v první polovině“ a „ty nacházející se v polovině druhé“. V ArcGis Pro je tak třeba pozici střední hodnoty odpovídající místu, kde se hodnoty přirozeně lámou, spočítat a zadat, v kolika procentech se má lomový bod vytvořit. Absence zmíněné úpravy je častou chybou zejména u map tvořených nekartografy.



Obr. 6 Divergentní třítonová stupnice se správným umístěním střední hodnoty v místě zlomu (zdroj: vlastní tvorba).

### 3.2.5 5. konvence – uspořádání legendy

Legendu mapy jakožto jeden z hlavních kompozičních prvků mapy lze chápat jako jednoduchý a uspořádaný přehled všech znaků tematického obsahu nebo jako překladový slovník, který používáme k dekódování mapy. Vypracování a sestavení legendy tematické mapy patří k jednomu z nejnáročnějších a nejdůležitějších úkolů během mapotvorného procesu. Hlavní úloha legendy tkví ve zpracování použitého znakového klíče do podoby, která svou jednoduchou čitelností a přehledností umožňuje čtenáři perfektně dekódovat informace uložené v mapě (Voženílek, Kaňok a kol., 2011). Obdobně jako Drápela (1983) položil základ devíti všeobecným zásadám pro tvorbu tematických map, Kaňok (1999) pojednává o všeobecných zásadách pro tvorbu legendy,

jejichž akceptace vede k vytvoření logicky uspořádané a srozumitelné legendy mapy. Legenda tematické mapy proto musí být:

- úplná,
- nezávislá,
- uspořádaná,
- srozumitelná,
- v souladu s označením na mapě.

**Úplnou** legendou se rozumí taková legenda, která obsahuje právě všechny vyjadřovací prostředky, které byly použity v mapě. V rámci této zásady se opět projevuje shovívavější postoj některých anglosaských autorů, např. Robinson (1995), Slocum (2005), či Field (2018) tvrdí, že v některých případech lze z legendy vynechat symboly, jejichž funkce a forma je z mapy zcela jasná. Robinson (1995) dokonce říká, že legendu lze omezit pouze na symboly, jež jsou kritické pro čtení dané mapy, protože se předpokládá, že čtenář bude disponovat určitou kartografickou gramotností a bude obeznámen s obecnými koncepty a postupy mapování. Field (2018) doplňuje, že umožňují-li symboly, jež jsou snadno pochopitelné a zcela jasné, efektivnější interpretování mapy, doporučuje je v mapě ponechat. Čeští autoři se s tímto postojem shodují pouze při vypuštění topografického podkladu u legend tematických map. Voženílek (2001, s. 59) potvrzuje, že *„vyžaduje-li zvláštnost území uvedení topografického podkladu do legendy mapy, pak se znaky topografického podkladu umísťují až na konec legendy za tematický obsah“*.

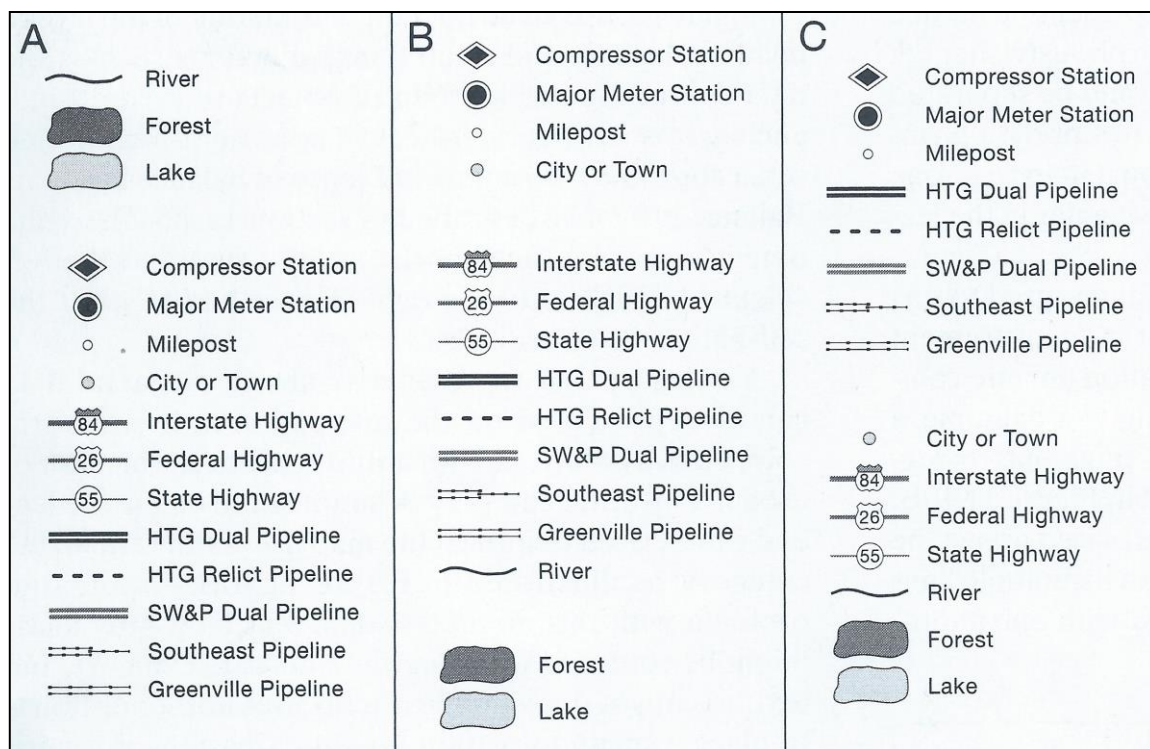
**Nezávislou** se legenda stane, lze-li jednomu objektu v mapě přiřadit právě jeden kartografický znak v legendě. Jakékoliv jiné grafické znázornění, např. situace, kdy je jeden znak možno přiřadit k více rozdílným objektům, je nesprávné a při interpretaci přináší zásadní problémy.

**Uspořádaná** legenda je klíčová pro splnění hlavního cíle legendy, a proto by *legenda mapy měla být vytvořena v logicky uspořádaném hierarchickém systému skupin znaků a pořadí jednotlivých znaků ve skupinách by mělo být zachováno podle struktury příslušného tématu*. V rámci české literatury (Miklín, Dušek a kol., 2018; Voženílek, Kaňok a kol., 2011.), lze narazit na dvě pojetí vnitřní struktury legendy. První se drží pojmového řetězce: téma – název – nejvýraznější vyjadřovací prostředek – legenda, ze kterého vyplývá, že *„na prvním místě v legendě musí být kategorie odpovídající nejvýznamnějšímu vyjadřovacímu prostředku hlavního jevu, jenž je identifikovatelný z názvu mapy, resp. titulu, který představuje věcné vymezení tématu mapy“* (Voženílek, Kaňok a kol., 2011). Druhá možnost vychází z geometrické podstaty prvků, přičemž znaky se v legendě uspořádávají sestupně v pořadí bod, linie a plocha. S jiným pojetím se lze setkat v zahraniční literatuře (Slocum, 2005; Golebiowska, 2013). Případová studie Golebiowska (2013), která se zabývala rozložením a designem legend, se pomocí eye-tracking metody snažila odpovědět na otázku, jak čtenáři získávají informace

z legendy a jak s ní pracují. Z testování vyplynulo, že nejlepších výsledků dosahovali respondenti, kteří pracovali s legendou uspořádanou dle tématu mapy, kdy v následném rozhovoru uvedli, že se jednalo o uspořádání jim známé a srozumitelné. Nutno podotknout, že testovanými respondenty byli absolventi vysokoškolského oboru zabývající se územním plánováním. Proto bylo pro praktickou část využito uspořádání uvnitř legendy na základě tématu mapy.

Slocum (2005) navrhuje uspořádání do skupin uvnitř legendy na základě tří různých kritérií, které lze vidět na Obr. 7. Prvním kritériem je původ objektu, tedy dělení spočívá v tom, zdali je objekt přírodní nebo antropogenní (kulturní), druhým je potom geometrická podstata prvků. Třetí a nejhodnější kritérium je míra, do jaké prvky souvisí s tématem mapy, kdy nejdříve se umísťuje skupina znaků pro mapu nejrelevantnějších a poslední skupinu tvoří znaky topografického podkladu, které nebyly z legendy vynechány. Dlužno podotknout, že je-li využito jiné dělení než na základě geometrické podstaty znaku, uvnitř skupiny jsou znaky vždy třízeny právě dle tohoto kritéria, tedy v pořadí bod, linie, plocha.

**Srozumitelná** legenda je taková, která na základě logické uspořádanosti a volby optimálního znakového klíče zajistí snadné, rychlé a jednoznačné pochopení všech svých znaků. Na srozumitelnost legendy má vliv spousta jiných kartografických zásad počínaje umístěním popisu a jeho stručností a konče zarovnáním, jejichž dodržení podporuje čitelnost a zapamatovatelnost legendy (Voženílek, Kaňok a kol., 2011).



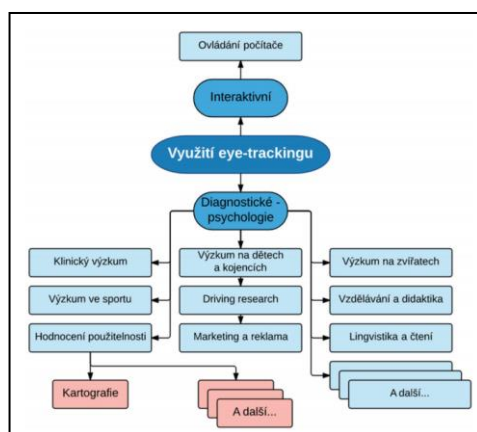
Obr. 7 Tři možnosti seskupování symbolů dle kritérií (A) přírodní a antropogenní; (B) bod, linie, plocha; (C) dle tématu mapy (mapa plynovodů); (zdroj: Slocum, 2005).

**V souladu s označením na mapě** se rozumí, že znaky nabývají v mapě stejné podoby, jakou mají v legendě. Vlastnosti kartografického znaku, kterými mohou být barva, velikost, tvar, orientace či struktura si musí v mapě a legendě odpovídat. Je-li konvence porušena a například znak nabývá v mapě jiné velikosti než v legendě, může dojít k chybné interpretaci, např. co se kvality znaku týče (Voženílek, Kaňok a kol., 2011).

Tvorba legendy a následné sestavování legendy je proces značně zdlouhavý a náročný a neměl by být podceňován. Obdobně jak tomu bylo u všeobecných zásad pro tvorbu tematických map, tak i tyto sestávají z dílčích konvencí, jejichž dodržení je klíčové pro vytvoření efektivní legendy tematické mapy. Chyb a nedostatků tak lze během tvorby spáchat několik. Jak zmiňuje Golebiowska (2013), aby bylo možné přicházet s pravidly pro tvorbu legend, je důležité porozumět, jak jsou z ní informace čerpány a jak s ní čtenář nakládá.

### 3.3 Technologie eye-tracking

Technologie eye-tracking patří mezi moderní metody testování použitelnosti a spočívá ve sledování pohybu očí při vnímání určitého vizuálního vjemu či stimulu. Stimulem, jehož použitelnost má být otestována, může být například webová stránka, rozhraní aplikace nebo také mapa. Zařízení snímající jednotlivé pohyby očí (fixace a sáky) se nazývá eye-tracker. Popelka (2018) uvádí, že nejčastěji aplikovanou technikou sledování pohybu očí je technika P-CR neboli Pupil and Corneal Reflexion Tracking, jejíž princip spočívá v detekci středu zornice a korneálního (kornea = rohovka) odrazu přímého paprsku infračerveného světla. Eye-tracker vysílající na uživatele oči infračervené paprsky je vybaven kamerou, která oči v reálném čase snímá, jejíž úkolem je detekovat střed zornice a odraz paprsku. Díky znalosti vzájemné polohy těchto dvou bodů je eye-tracker schopen vypočítat a určit směr pohledu. Z výše uvedených informací vyplývá, že ideální a zároveň nejčastější umístění eye-trackeru je přímo pod monitorem, na kterém je studovaný vizuální vjem prezentován. Využití znalostí, kam se člověk dívá, se meze nekladou. Na Obr. 8 je uvedený výčet možného využití, které ve své knize zmiňuje Popelka (2018). V rámci této práce bylo metody eye-trackingu využito pro ověření platnosti doposud uvedených kartografických zásad, co se jejich vlivu na efektivitu map týče.



Obr. 8 Schéma využití eye-trackingu (zdroj: Popelka, 2018).

## 4 PRAKTICKÉ ŘEŠENÍ

### 4.1 Návrh experimentu

Bojko (2013) uvádí, že eye-tracking výzkum lze pro hodnocení použitelnosti produktů (v tomto případě map) využít dvěma způsoby, kvalitativním (formativním) a kvantitativním (sumativním). Oba z uvedených způsobů se však užívají za jiným účelem. Zatímco cíl kvalitativního výzkumu tkví ve snaze odhalit slabá či matoucí místa stimulu (např. webové stránky), kvantitativní výzkum si za cíl klade porovnat několik verzí stimulu dle zvolených metrik, kterými je nejčastěji čas a úspěšnost. Jelikož „základní vlastností kvantitativních experimentů je to, že výzkumník aktivně a úmyslně přivodí změnu určité situace (nebo hodnoceného produktu) a pak sleduje změnu chování respondentů, byl pro účely této práce vybrán právě kvantitativní způsob výzkumu, jehož záměrem bylo odhalit platnost vybraných kartografických konvencí (Popelka, 2018).

Podstata experimentu spočívá v následujících třech podmínkách: manipulace s nezávisle proměnnou, měření závislé proměnné a kontrola vnějších proměnných. Externí a interní validita experimentu a zároveň jeho efektivita je zajištěna realizací experimentálního plánu, který se mimo jiné zabývá tím, jak výše uvedené podmínky splnit. Každý experiment by měl dle Ferjenčíka (2000) odpovědět na tyto otázky: „co bude nezávislou proměnnou“, „co bude závislou proměnnou“ a „co bude vnějšími proměnnými“. Za nezávislou proměnnou se označuje proměnná, se kterou bude během experimentu manipulováno a u které existuje předpoklad, že bude hlavní příčinou určitého jevu<sup>10</sup>. Závislá proměnná je pak proměnná, u níž se předpokládá, že se změní v důsledku změny nezávislé proměnné<sup>11</sup>. Za vnější proměnné jsou označovány všechny ostatní proměnné, které mohou stát za změnami u závislé proměnné a v důsledku ovlivnění respondenta tak mohou mít negativní dopad na měření závislé proměnné<sup>12</sup>. Kýženým stavem je takový, kdy došlo k eliminaci či zkonstantnění vnějších proměnných s nejjintenzivnějším vlivem na validitu experimentu při zachování takových, jejichž odstranění by způsobilo ztrátu autentičnosti výsledků (Popelka, 2018).

Dalším neméně jednoduchým krokem je rozhodnutí, jak jednotlivé respondenty přiřadit k různým úrovním nezávisle proměnné. Popelka (2018) uvádí dva typy plánů experimentu: mezisubjektový plán experimentu (between-subject experiment) a vnitrosubjektový plán experimentu (within-subject experiment). Do obou těchto plánů vstupují rozdílné vnější proměnné, jež je třeba reflektovat. Během between – subject experimentu je respondent podroben působení pouze jedné úrovně nezávisle proměnné, což znamená, že každý z respondentů vidí právě jednu variantu mapy. Hodnocení následně probíhá pomocí vzájemné komparace výsledků respondentů pracujících s jednou variantou s výsledky varianty druhé. Jednotlivé výsledky daných variant jsou mezi sebou poté komparovány. Nejvýznamnější vnější proměnnou u tohoto způsobu

---

<sup>10</sup> Nezávislými proměnnými byly mapové stimuly dodržující či porušující konvenci.

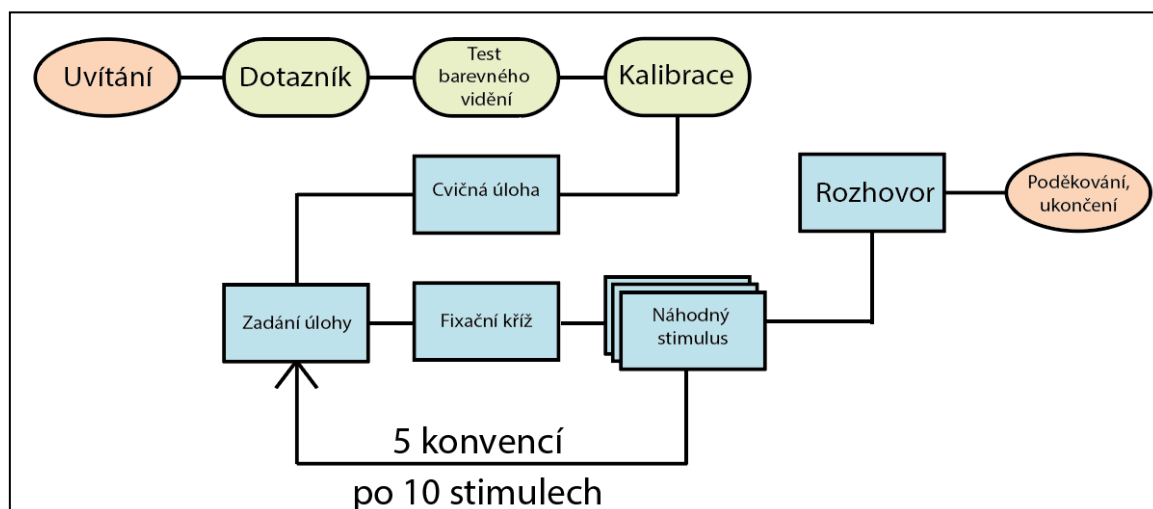
<sup>11</sup> Závislými proměnnými jsou metriky, jež budou v experimentu měřeny (správnost, čas, rozložení fixací).

<sup>12</sup> Vnější proměnnou může být například předchozí zkušenost respondenta či rozdílné podmínky.

experimentu jsou interindividuální rozdíly mezi subjekty, které se dají omezit (ne však úplně eliminovat) pomocí náhodného přiřazování respondentů do skupin, či jejich vyrovnáváním v rámci skupin. Naproti tomu při within-subject experimentu je každý respondent porovnáván sám se sebou, protože přijímá všechny úrovně nezávisle proměnné (všechny varianty). Tato skutečnost zcela eliminuje problém neekvivalentnosti skupin, ale přináší s sebou jiné bariéry, kterými je vliv učení a vliv pořadí prezentace stimulů. Právě efekt učení, neboli learning effect, zastává nejvýraznější vnější proměnnou, na kterou je nutné reagovat například pomocí prezentace stimulů v náhodném pořadí nebo protivyvažováním (Popelka, 2018). Pro účely práce byl po konzultaci s vedoucím práce zvolen právě within-subject experiment.

Následujícím a posledním krokem nutným k sestavení kvalitního plánu experimentu bylo vymezení základního souboru, který je tvořen všemi potenciálními účastníky experimentu. Obecně je až takřka nemožné dotázat se nebo otestovat všechny potenciální účastníky. Proto se ze základního souboru pořizuje vzorek, který by měl být co nejpřesnější zmenšenou kopií původního souboru, aby bylo možné vyvozené závěry a doporučení z experimentu aplikovat na celý základní soubor. Z důvodu vládních nařízení a podmínek, ve kterých bylo experiment nutno provést, byli respondenti vybíráni na základě záměrného výběru, založeného na subjektivním výběru autora. Nicméně jedinou podmínkou zůstávalo neabsolvování kartografického vzdělání. Celkový počet respondentů se odvíjí od typu experimentu, jenž byl v tomto případě experiment sumativní (kvantitativní), pro který je typický větší vzorek respondentů. Nielsen a Pernice (2010) uvádí, že ideální počet respondentů se pohybuje kolem 30. Zmíněného tvrzení se držela i tato práce, ve které se experimentu účastnilo 30 respondentů bez kartografického vzdělání.

Shrnuto, výzkum byl kvantitativní, jelikož byly vždy respondentům předkládány dvě varianty map – v rámci konvence a proti konvenci. Nezávisle proměnné sestávaly z jednotlivých typů porušení konvencí. U první a druhé konvence byl nezávisle proměnnou propad barvy a rastru, u třetí konvenci pak použití konvergentní stupnice. U čtvrté představovalo nezávisle proměnnou nesprávné umístění lomového bodu na stupnici a v páté zase chaotické uspořádání legendy. Typem experimentu byl z dříve uvedených důvodů within-subject experiment a hlavní vnější proměnná tvořená learning effectem byla vyřešena randomizací stimulů. Celkový počet stimulů o rozlišení 1920×1080 px vstupujících do eye-tracking experimentu byl 150, přičemž 50 z nich bylo tvořeno zněním úlohy, 50 fixačním křížem a zbylých 50 mapovými stimuly. Experiment byl prováděn v domácích prostorách autora práce na 30 respondentech bez kartografického vzdělání, kde byla data snímána pomocí přístroje GP3 HD Eye-tracker o frekvenci 150 Hz na stolním počítači s operačním systémem Windows 10 na obrazovce s Full HD 1920\*1080 rozlišením. Design experimentu je znázorněn na Obr. 9.

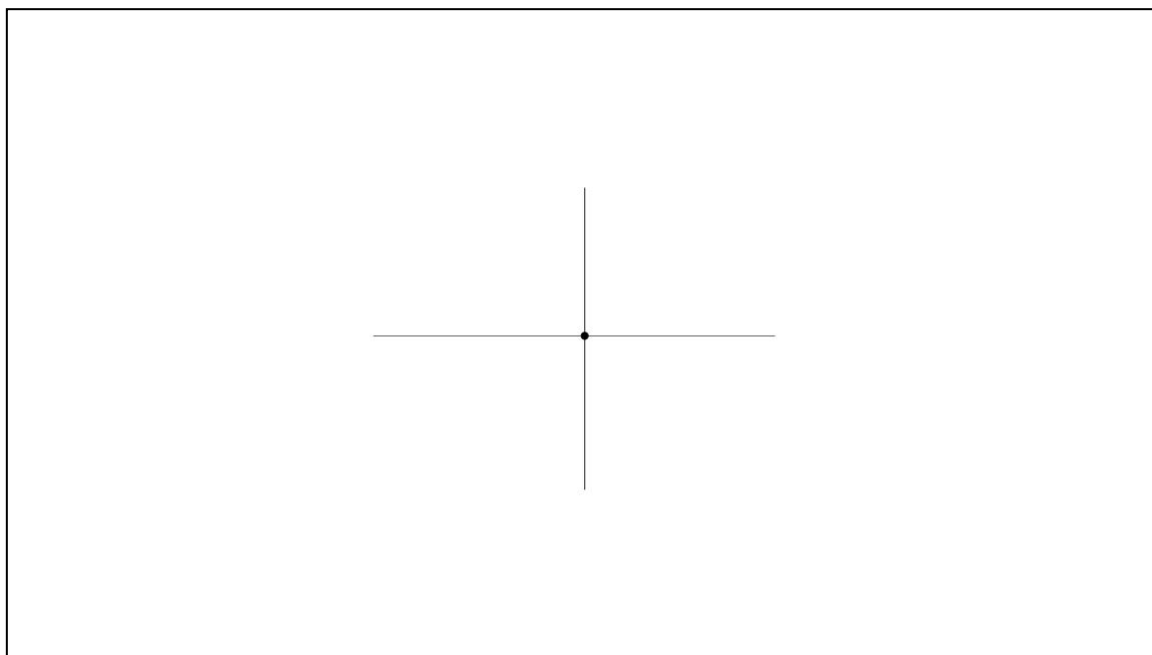


Obr. 9 Design experimentu (zdroj: vlastní tvorba).

## 4.2 Tvorba stimulů

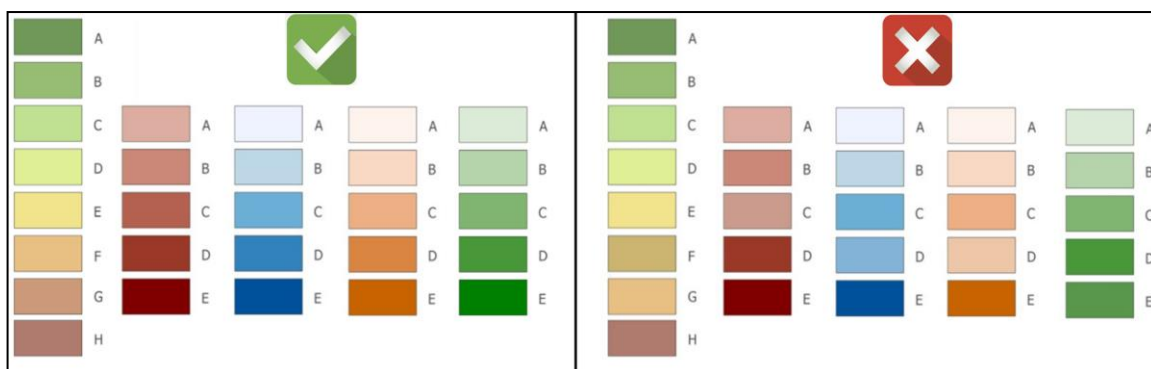
Pro tvorbu mapových stimulů bylo využito softwaru ArcGIS Pro, pro tvorbu stimulů se zněním úlohy a fixačním křížem potom Adobe Illustrator CS6. Pro každou konvenci bylo vytvořeno celkově 10 stimulů, které sestávaly z pěti dvojic. Každá dvojice obsahovala jak stimulus v rámci konvence, tak konvenci odporující. Proces sestavování stimulů byl doprovázen konzultacemi s vedoucím práce a odborníky z řad pracovníků katedry. Inspirací pro tvorbu stimulů byly již existující a často využívané tematické mapy<sup>13</sup>, a to z toho důvodu, aby byly výsledky výzkumu využitelné pro praxi. Jak uvádí Popelka (2018), pro kartografické experimenty je vhodnější umístit znění otázky na samostatný stimulus prezentovaný před mapovým stimulem, než znění otázky připojit k mapovému stimulu. Na respondenta je sice vyvíjen tlak ohledně zapamatování si otázky, nicméně v opačném případě by byla naměřená data nepoužitelná z důvodu opakovaného se vracení pohledu respondenta na zadání otázky a nižšího soustředění se na samotný mapový obsah stimulu. Tyto skutečnosti by neumožnily vyvodit ze statistické analýzy eye-tracking metrik relevantní závěry a doporučení. Na základě výše uvedeného byl znění úlohy pro účely práce věnován samostatný stimul, který byl respondentovi prezentován před hodnocenou mapou. Vzhledem k tomu, že si respondent musel úlohu zapamatovat, byla zadání úlohy formulována co uživatelsky nejpřívětivěji. Stimulus s fixačním křížem uprostřed obrazovky byl vložen mezi stimuly se zadáním a s mapou proto, aby se zabránilo rozdílným počátkům trajektorie pohybu oka v případě, že každý respondent skončí pohledem při čtení zadání na jiném místě. Tento stimulus lze vidět na Obr. 10. Co se týče stimulu obsahujícího možnosti odpovědí, nebyl při testování potřeba, poněvadž respondenti odpovídali kliknutím myši přímo do mapového stimulu.

<sup>13</sup> Např. mapa znázorňující hustotu zalidnění, přirozený přírůstek či květnové teploty.



Obr. 10 Stimulus s fixačním křížem (zdroj: vlastní tvorba).

**Mapové stimuly 1. konvence** věnující se **využití barvy pro kvantitativní rozlišení jevů** byly tvořeny barevnými stupnicemi odstínu hnědé, modré, oranžové a zelené barvy a u jedné ze stupnic více tóny barev. Porušení konvence zde bylo simulováno **propadem barvy**, jak lze vidět na Obr. 11. Stimulus se zadáním úlohy ve znění: *Lokalizuj na mapě vyznačené areály a klikni na ten, ve kterém jev nabývá vyšších hodnot*, lze vidět na Obr. 12. Co se týče vyznačení, to bylo provedeno s pomocí červených bodů umístěných do areálu nabývajícího hodnotu, jež je v legendě zobrazena v rozporu s danou konvencí a do areálu obsahující hodnotu vedlejší. Vzhledem k tomu, že první a druhá konvence spočívaly na stejném principu s jediným rozdílem ve způsobu vyjádření kvantitativních charakteristik plošných jevů, byla pro obě konvence použita úloha ve stejném znění. Ukázka jedné z dvojic stimulů je ve správné variantě vidět na Obr. 13 a ve špatné na Obr. 14.

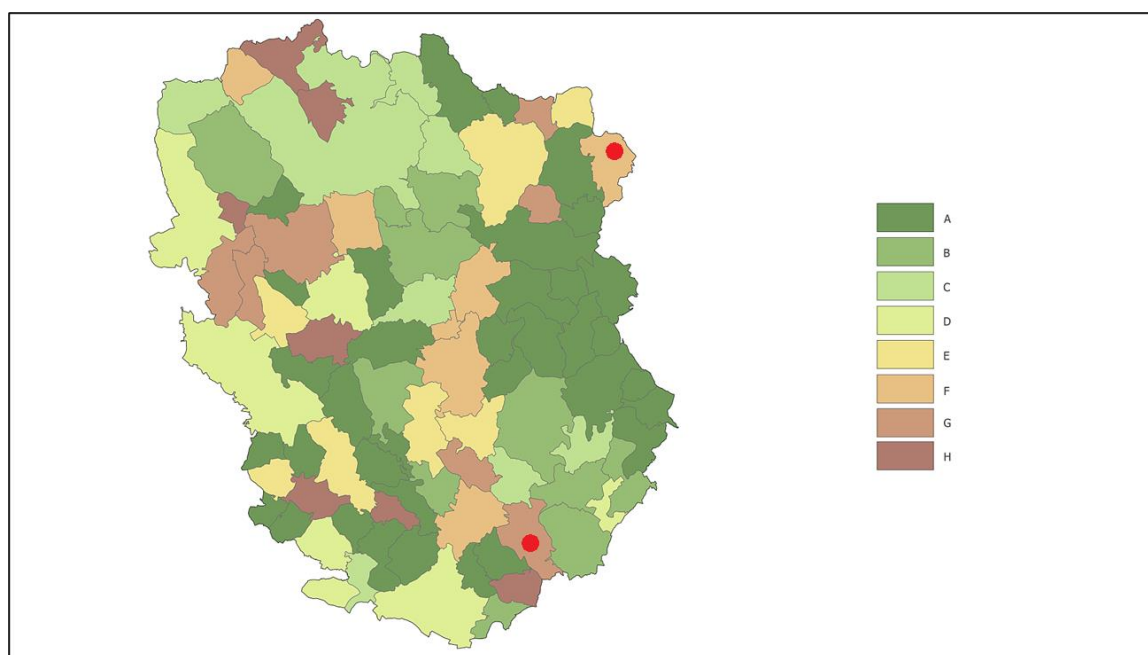


Obr. 11 Jednotlivé dvojice barevných stupnic použitých u mapových stimulů 1. konvence. Nalevo správné varianty, napravo varianty s propadem barvy (zdroj: vlastní tvorba).

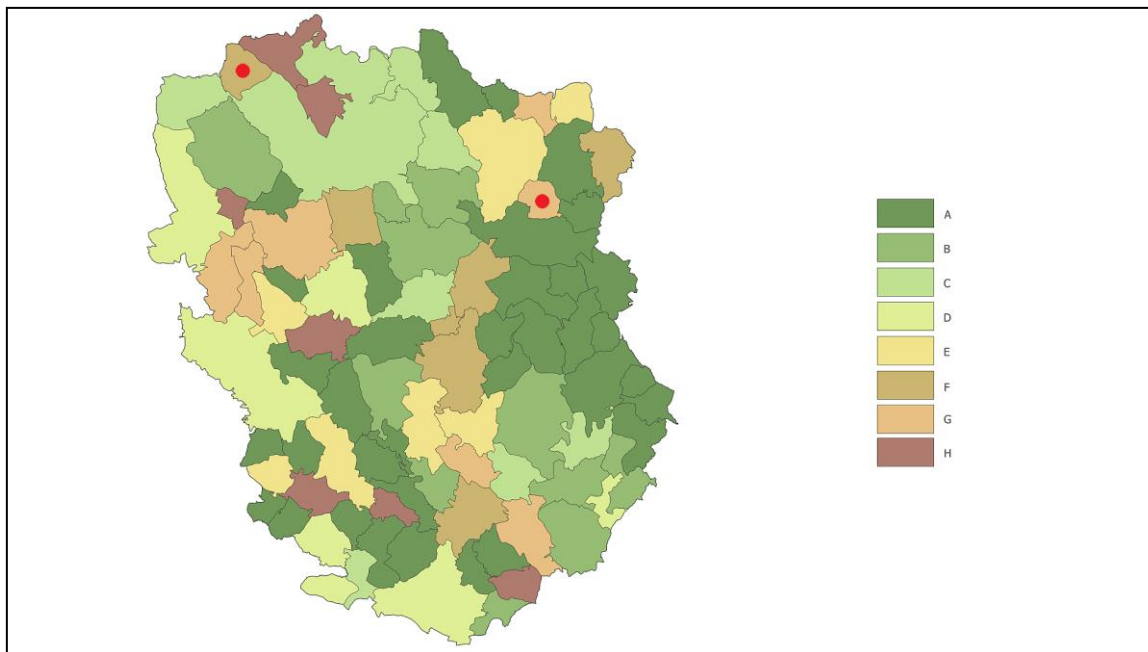


Lokalizuj na mapě vyznačené areály a klikni na ten, ve kterém jev nabývá vyšších hodnot

Obr. 12 Stimulus se zněním úlohy pro konvenci 1 a konvenci 2 (zdroj: vlastní tvorba).

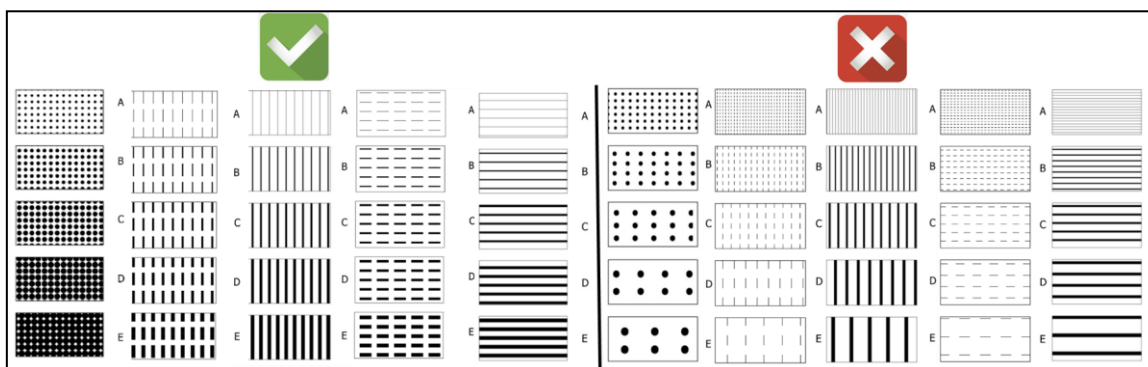


Obr. 13 Stimulus se správnou variantou mapy znázorňující relativní výškovou členitost (zdroj: vlastní tvorba).

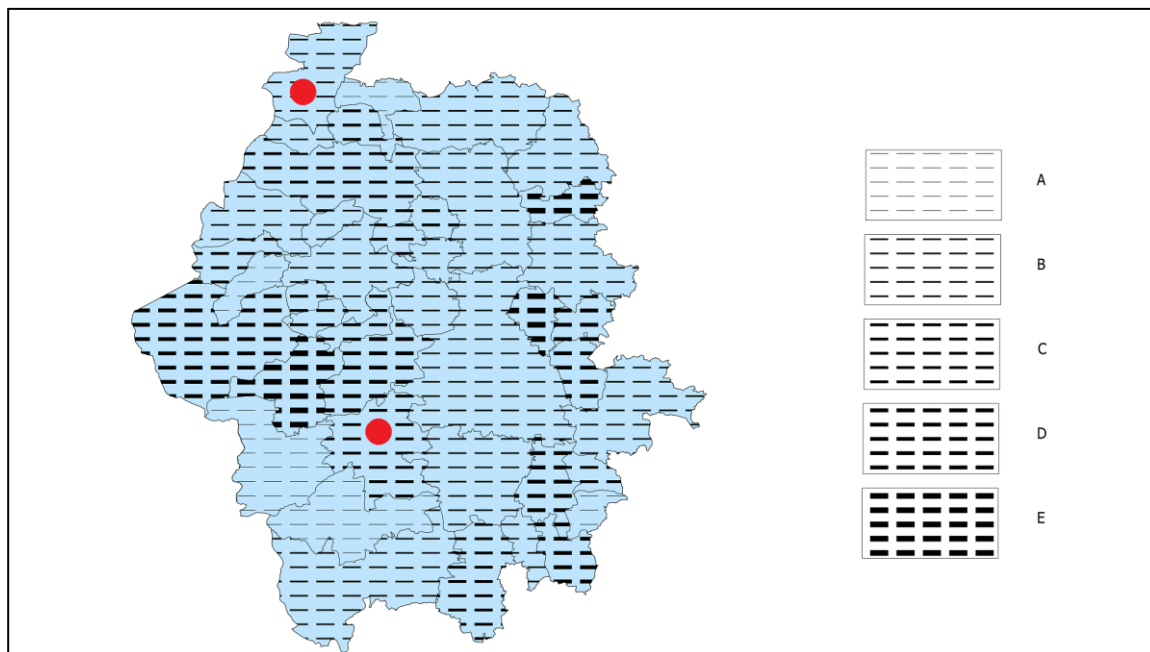


Obr. 14 Stimulus se špatnou variantou mapy znázorňující relativní výškovou členitost (zdroj: vlastní tvorba).

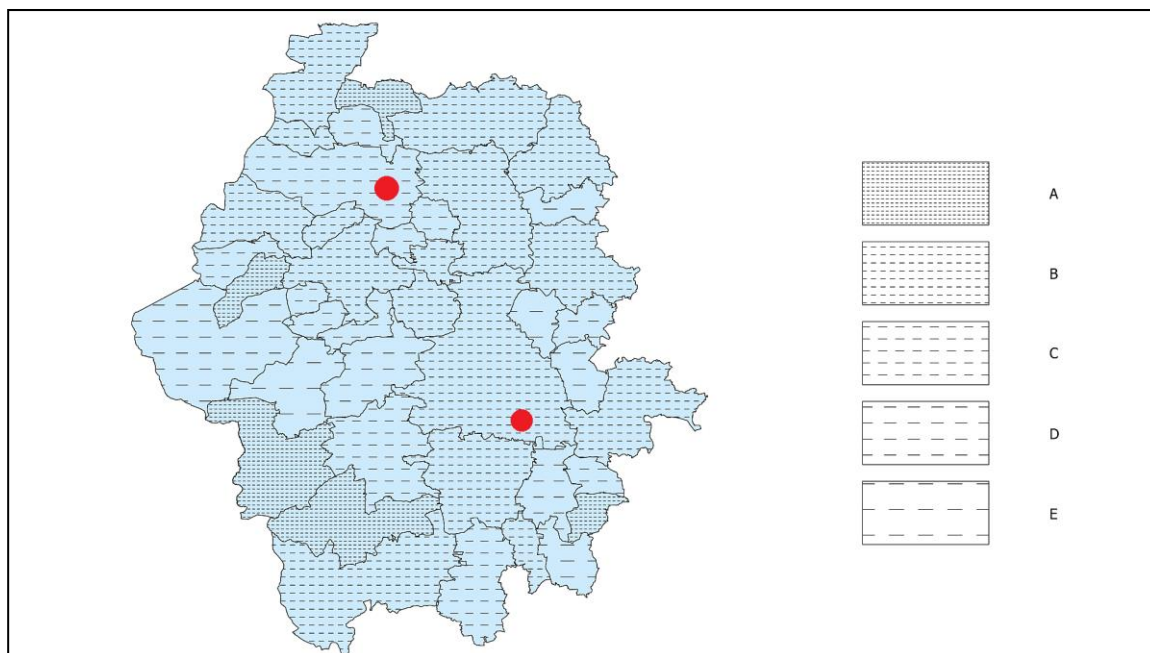
**Mapové stimuly 2. konvence** zabývající se **využitím rastru pro kvantitativní rozlišení jevů** využívají pro znázornění intenzity pěti typů rastru, konkrétně tečkovaný a dále šrafovaný svise, vodorovně, svisele přerušovaně a vodorovně přerušovaně. Porušení konvence bylo simulováno **propadem rastru** a jednotlivé použité stupnice lze vidět na Obr. 15. Princip mapových stimulů, zadaná úloha i způsob vyznačení areálů byly stejné jako u stimulů první konvence. Jedna z dvojic stimulů je zobrazena na Obr. 16 a Obr. 17.



Obr. 15 Jednotlivé dvojice stupnic použitých u mapových stimulů 2. konvence. Nalevo správné varianty, napravo varianty s propadem rastru (zdroj: vlastní tvorba).



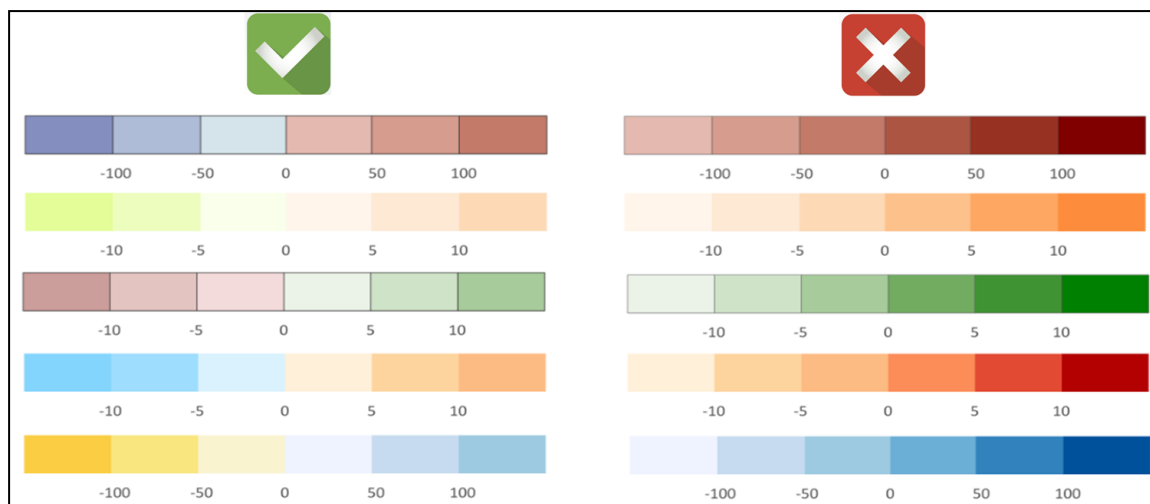
Obr. 16 Stimulus se správnou variantou mapy znázorňující hustotu zalidnění (zdroj: vlastní tvorba).



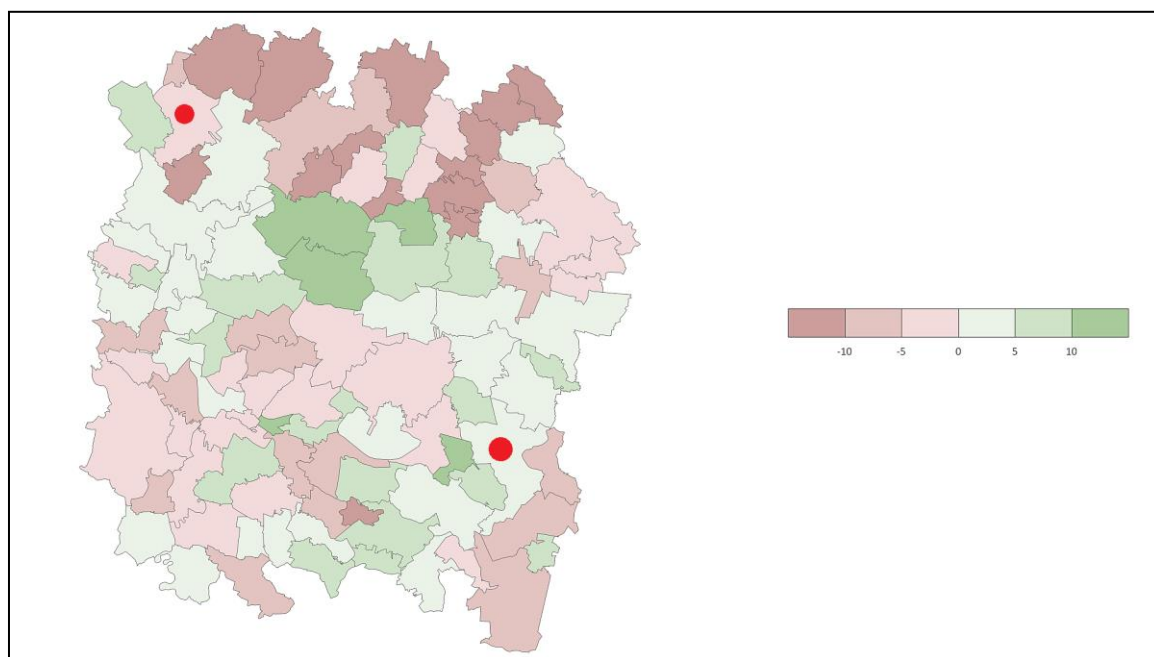
Obr. 17 Stimulus se špatnou variantou mapy znázorňující hustotu zalidnění (zdroj: vlastní tvorba).

**Mapové stimuly 3. konvence** věnující se **použití divergentní stupnice pro zobrazení dvoukoncevých dat** byly tvořeny barevnými stupnicemi zobrazenými na Obr. 18. Porušení konvence bylo simulováno **využitím konvergentní stupnice pro dvoukoncevová data**. Stimuly se zadáním úlohy ve znění: *Lokalizuj na mapě znázorňující přirozený přírůstek vyznačené areály a klikni na ten, který vyjadřuje negativní hodnotu jevu* se mezi sebou lišily pouze názvem mapy, před kterou byly prezentovány a polaritou hodnoty, kterou měli respondenti zakliknout, čímž byl vyřešen problém learning effectu. To znamená, že pro mapový stimulus znázorňující např. hustotu zalidnění zněla úloha

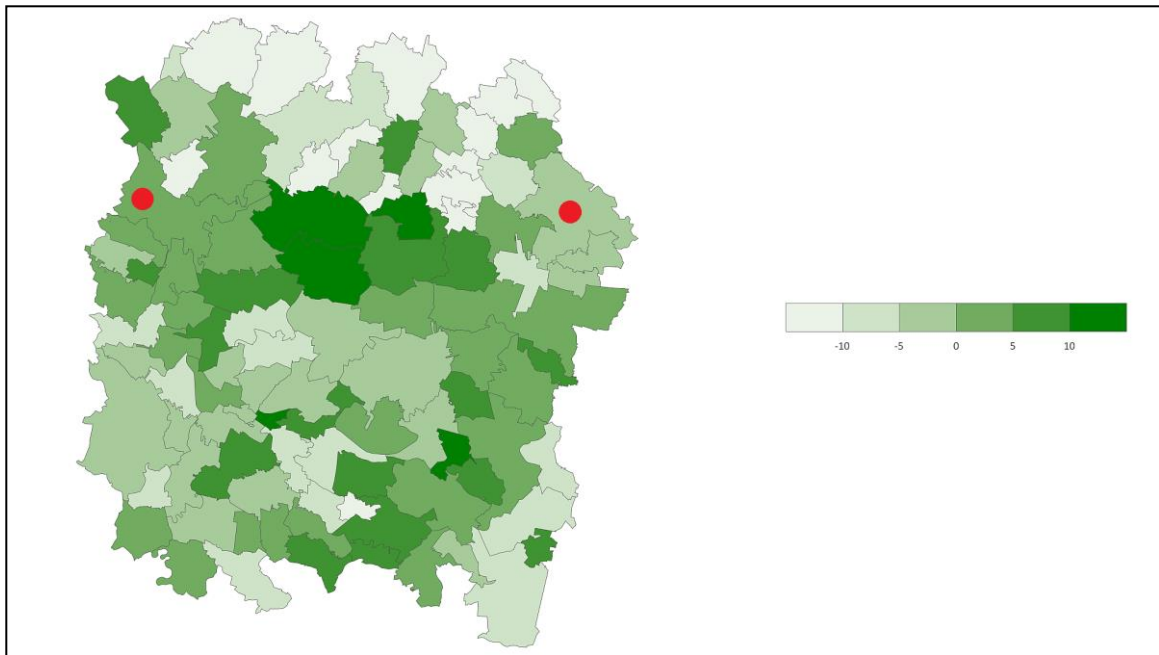
následovně: *Lokalizuj na mapě znázorňující hustotu zalidnění vyznačené areály a klikni na ten, který vyjadřuje pozitivní hodnotu jevu.* Pro způsob vyznačení zájmových areálů viz konvence 1. Vybranou dvojici stimulů lze vidět na Obr. 19 a Obr. 20.



Obr. 18 Jednotlivé dvojice stupnic použitých u mapových stimulů 3. konvence. Nalevo správné varianty, napravo varianty špatné (zdroj: vlastní tvorba).

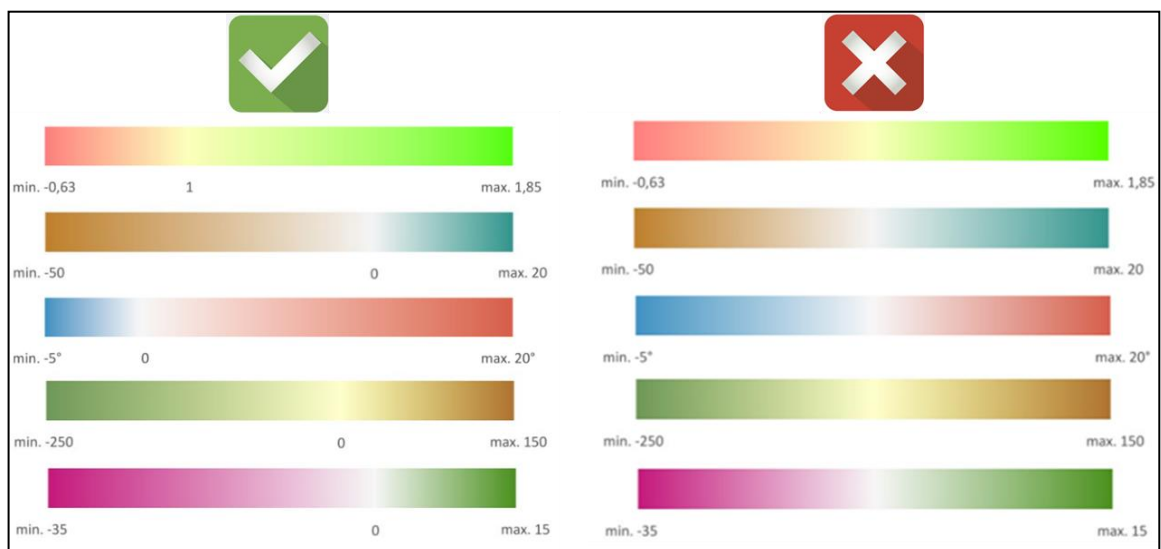


Obr. 19 Stimulus se správnou variantou mapy znázorňující přirozený přírůstek (zdroj: vlastní tvorba).

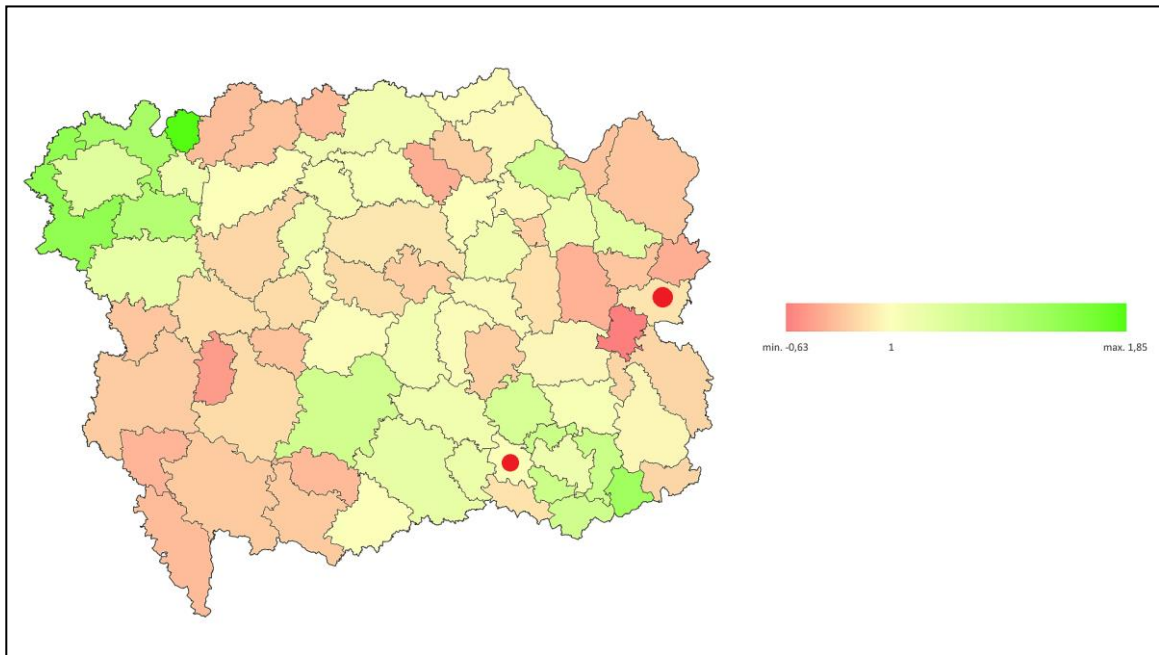


Obr. 20 Stimulus se špatnou variantou mapy znázorňující přirozený přírůstek (zdroj: vlastní tvorba).

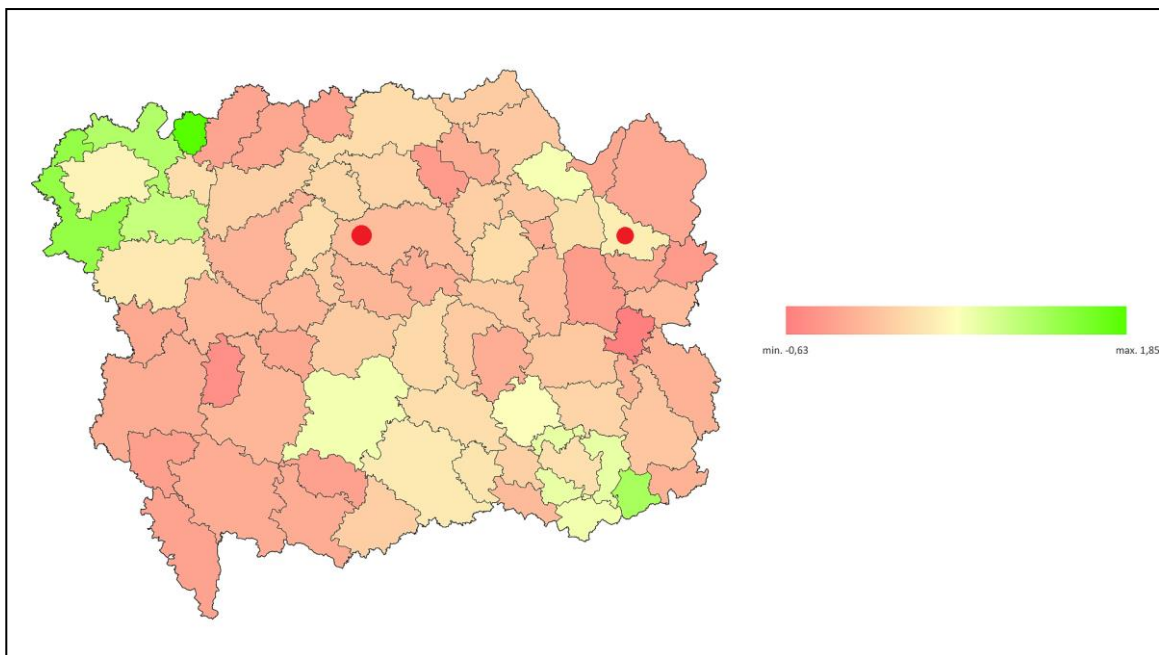
**Mapové stimuly 4. konvence** zaobírající se správným **umístěním střední hodnoty na divergentní stupnici** využívají pro znázornění barevné stupnice zobrazené na Obr. 21. Porušení konvence bylo simulováno využitím defaultního výstupu barevné stupnice softwaru ArcGIS Pro, kdy **střední hodnota nebyla umístěna na číslo, které přirozeně dělí kladné a záporné hodnoty**. Princip mapových stimulů, zadaná úloha i způsob vyznačení areálů byly stejné jako u stimulů třetí konvence. Jedna z dvojic stimulů je zobrazena na Obr. 22 a Obr. 23.



Obr. 21 Jednotlivé dvojice stupnic použitých u mapových stimulů 4. konvence. Nalevo správné varianty, napravo varianty špatné (zdroj: vlastní tvorba).

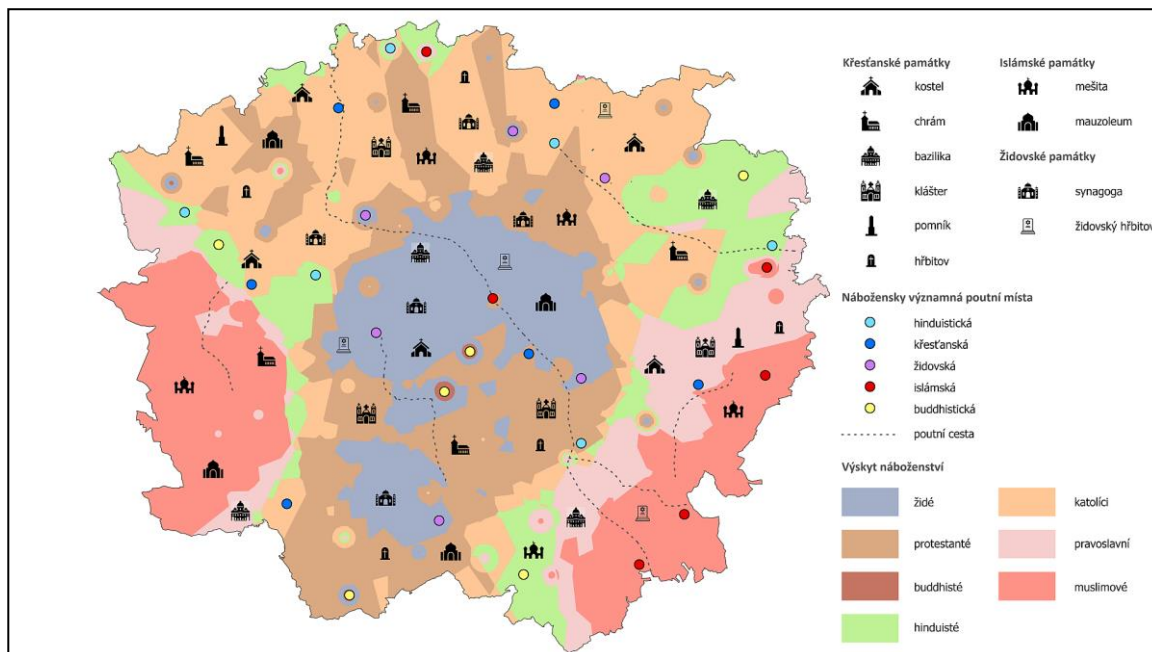


Obr. 22 Stimulus se správnou variantou mapy znázorňující vitální index (zdroj: vlastní tvorba).

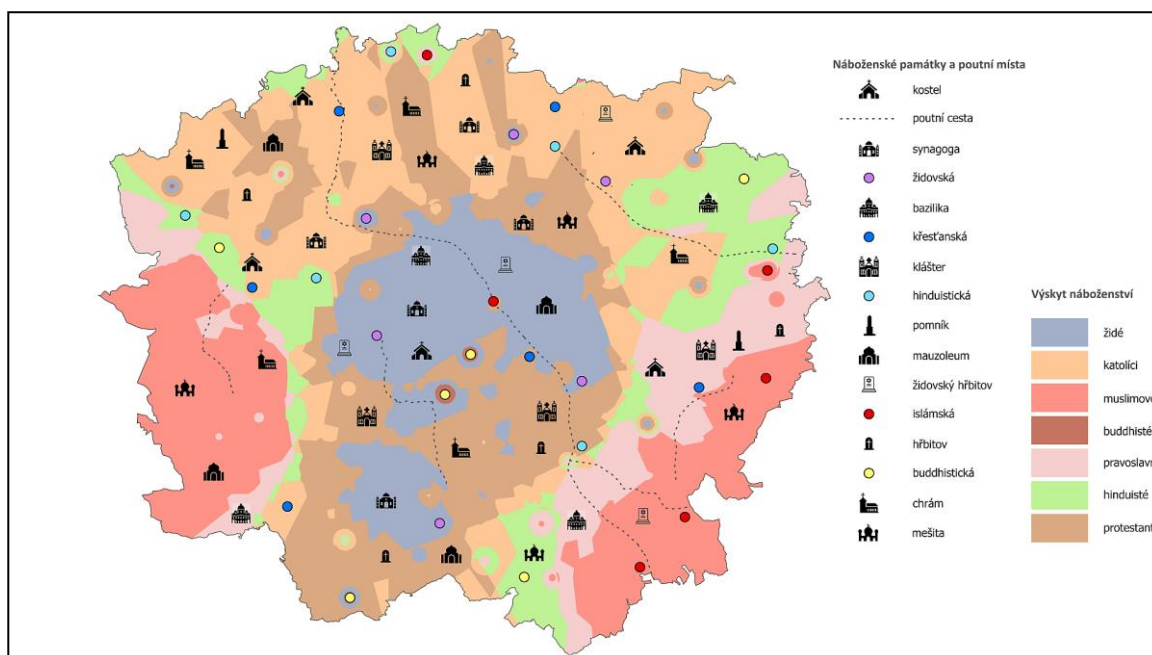


Obr. 23 Stimulus se špatnou variantou mapy znázorňující vitální index (zdroj: vlastní tvorba).

**Mapové stimuly 5. konvence** se zabývají vytvořením **logicky uspořádané legendy**, kdy by pořadí jednotlivých znaků ve skupinách mělo být zachováno podle struktury příslušného tématu. Porušení konvence bylo simulováno pomocí **chaotického uspořádání znaků uvnitř skupin**. Stimuly se zadáním úlohy ve znění: *Lokalizuj a klikni na mapě znázorňující náboženství na symbol mešity a poté v legendě zaklikni, na jakém plošném znaku se vyskytuje* se mezi sebou lišily pouze názvem mapy, před kterou byly prezentovány, a názvem figurálního znaku, který měli respondenti lokalizovat a zakliknout, čímž byl vyřešen problém learning effectu. Ukázka jedné z dvojic stimulů je ve správné variantě vidět na Obr.24 a ve špatné na Obr. 25.



Obr. 24 Stimulus se správnou variantou mapy znázorňující náboženství (zdroj: vlastní tvorba).



Obr. 25 Stimulus se špatnou variantou mapy znázorňující náboženství (zdroj: vlastní tvorba).

### 4.3 Průběh experimentu

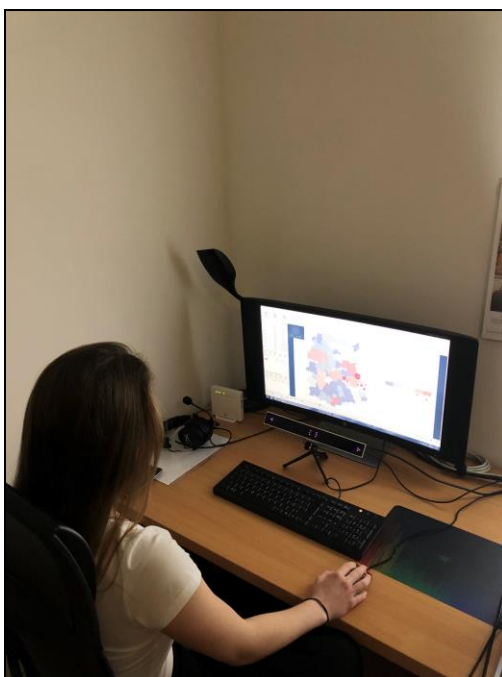
Po vytvoření stimulů bylo přistoupeno k dalšímu kroku praktické části práce, jehož cílem bylo realizování eye-tracking experimentu doplněného subjektivním dotazníkem a individuálním rozhovorem. Právě těmto činnostem jsou věnovány následující podkapitoly.

Experiment probíhal v době od 16. do 20. dubna v domácích prostorách autora práce na 30 respondentech bez kartografického vzdělání za poskytnutí stejných podmínek všem respondentům, jimiž bylo např. stejné osvětlení místnosti, či kancelářská židle s opěrkou hlavy bez koleček. Pro každého respondenta probíhal experiment následovně.

Uvítání respondenta proběhlo bez vysvětlování bližších informací týkající se účelu testování. Následně byl respondent požádán o vyplnění on-line dotazníku. Dále byl respondent otestován, zda trpí poruchou barvocitu načež proběhla kalibrace eye-trackeru. Následovala cvičná úloha, na které se respondent seznámil s možnými druhy zadání úlohy a způsobem odpovídání. Poté bylo přistoupeno k samotnému eye-tracking experimentu, kdy se během cca 13 minut prezentovalo respondentovi všech 150 stimulů. Na závěr sezení byl s respondentem veden individuální rozhovor načež bylo respondentovi poděkováno za účast a sezení bylo ukončeno.

#### **4.3.1 Pilotáž**

Dle slovníku cizích slov je pilotáž ve výzkumu součástí předvýzkumu, ve které se na malém vzorku zkoumaných osob např. ověřuje správnost, srozumitelnost a vhodnost formulace otázek v plánovaném dotazníku, rozhovoru nebo jiném experimentu. Právě tento v tomto účelu spočívala pilotáž provedena před celým eye-tracking experimentem, kdy byl na dvou respondentech mimo vzorek proveden celý experiment ve snaze zjistit, zda jsou zadání otázek srozumitelné a respondenti tak rozumí všem znění úloh. Pilotáž zobrazená na Obr. 26 probíhala na způsob metody think-aloud, kdy respondenti sdělovali během plnění úloh své pocity a názory. Výsledky pilotáže byly zapracovány do znění některých úloh, aby se předešlo zbytečným nesrovnalostem během skutečného experimentu.



Obr. 26 Respondent během pilotáže (zdroj: vlastní tvorba).

#### **4.3.2 Dotazníkové šetření**

Respondenti byli na počátku experimentu požádáni o vyplnění krátkého dotazníku, jehož cílem bylo nasbírat základní informace o respondentech podstupující experiment pro pozdější dokreslení výzkumu a zdůvodnění objektivně zjištěných výsledků. Otázky v dotazníku vytvořeném v prostředí Microsoft Forms směřovaly na zjištění pohlaví, věku,



nejvyššího dosaženého vzdělání a dosavadní zkušenosti s mapami jednotlivých respondentů a dále také na to, zda jsou studenti či pracující.

### **4.3.3 Eye-tracking experiment**

Po vyplnění dotazníku a otestování barevného vidění byla provedena kalibrace respondenta. Kalibrace GP3 Eye-trackeru probíhala v softwaru Gazepoint Control, který po kalibraci nezobrazí přesnou číselnou odchylku v pixelech či stupních, ale umožní respondentovi a zároveň experimentátorovi interaktivně sledovat trajektorii respondentova oka na síti 11 kružnic s křížem uprostřed a přesnost tím zkontrolovat. Hranice přesnosti kalibrace byla usuzována na základě subjektivního pocitu autora. Po kalibraci byla respondentovi prezentována cvičná úloha, díky níž byli respondenti seznámeni s možnými typy zadání úloh a se způsobem odpovídání. Experiment byl připraven v programu Gazepoint Analysis a byl tvořen 150 stimuly, přičemž 50 mapových stimulů bylo prezentováno v náhodném pořadí. Stimulům se zadáním úlohy byl nastaven časový limit 30 vteřin, s fixačním křížem dvě sekundy a mapovým stimulům rovněž 30 vteřin. U stimulů obsahujících zadání úlohy však mohl být časový úsek respondentem zkrácen pomocí stisknutí mezerníku hned poté, co bylo zadání úlohy přečteno. Naopak u stimulů obsahujících mapu byl respondent povinen mezerníkem přeskocit na další stimul, aby tím umožnil následnou analýzu časů potřebných ke splnění úlohy. Autor byl během průběhu experimentu respondentovi k dispozici, aby mohl v krajním případě zasáhnout, nicméně k takové situaci během testování 30 respondentů nedošlo.

### **4.3.4 Individuální rozhovor**

Experiment byl zakončen individuálním rozhovorem mezi autorem a respondentem. Rozhovor směřoval na zjištění názoru ohledně srozumitelnosti a přehlednosti mapových stimulů. Respondentovi byla vždy prezentována jedna dvojice map (špatná a správná varianta) pro každou konvenci a položeny následující otázky: „*Považujete jednu z dvojice map za přehlednější či srozumitelnější? Pracovalo se Vám s jednou z nich lépe? Případně se kterou a proč?*“. Cílem rozhovoru bylo zjistit respondentův subjektivní názor, který dopomůže k analýze výsledků. Jednotlivé rozhovory byly se souhlasem respondentů zaznamenávány pomocí mobilního telefonu iPhone 8 a následně přepsány do dokumentu vytvořeného pomocí textového procesoru *Microsoft Word 2016*. Výsledky všech částí experimentu byly blíže rozebrány v kapitole věnující se analýzám výsledku.

## **4.4 Analýza výsledků**

V následujících podkapitolách byla představena analýza výsledků zjištěných na základě výše charakterizovaného experimentu. Jednotlivé části této podkapitoly odpovídají vždy jednotlivým fázím experimentu.

### **4.4.1 Analýza dotazníkového šetření**

Celkově do analýzy vstupovala data od 30 respondentů, kteří vyplnili on-line dotazník před vlastním eye-tracking experimentem. Cílem tohoto dotazníkového šetření bylo

získat základní informace o respondentech podstupující experiment pro dokreslení výzkumu a zdůvodnění objektivně zjištěných poznatků. Jak si lze všimnout z Obr. 27 a Obr. 28, výzkumný vzorek obsahoval zástupce různého pohlaví, věku, nejvyššího dosaženého vzdělání a statusu (student/pracující). Prvotní otázky směřovaly na pohlaví a věk respondenta. Ze 30 respondentů bylo 63 % tvořeno muži a 37 % ženami. Co se týče relativní četnosti věku respondentů, 53 % vzorku tvořila kategorie 20–24 let následovaná kategorií 25–35 let tvořící 27 % vzorku. Zbýlých 20 % sestávalo z poloviny z kategorie 15–19 let a druhé poloviny z kategorie 36 let a více. Modus, který udává nejčetnější variantu ve výběru (Budíková, 2010), nabýval hodnoty 23.

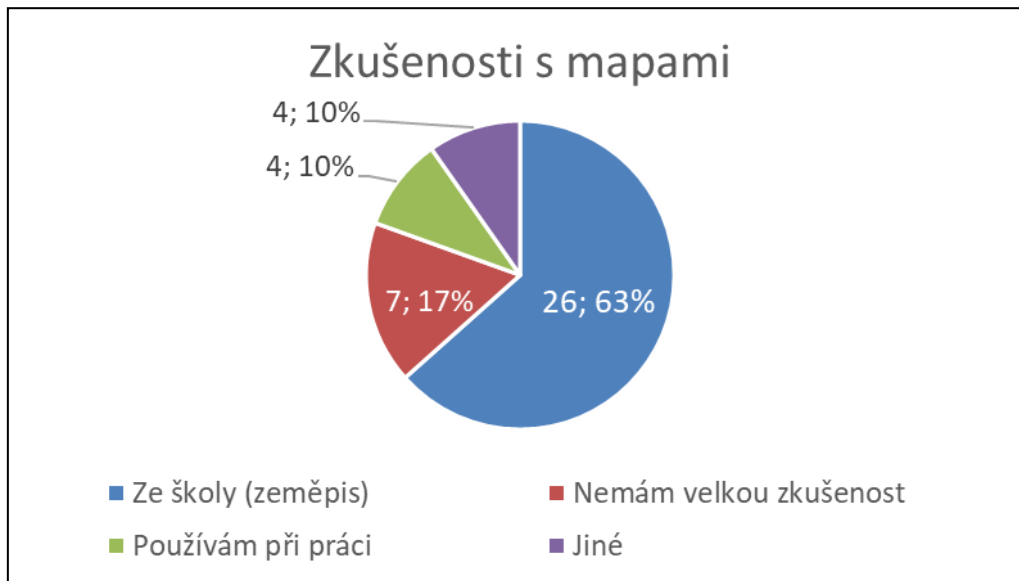


Obr. 27 Dělení respondentů dle pohlaví a věku (zdroj: vlastní tvorba).

Následovaly otázky týkající se nejvyššího dosaženého vzdělání respondentů a jejich činnosti čili zda jsou stále studenty či pracujícími. Vysokoškolským vzděláním disponovalo 47 % respondentů, středoškolským s maturitou pak 43 %. Zbývající část byla tvořena respondenty se základním vzděláním. Studenti tvořili 67 % respondentů a pracující 33 %. Přestože nikdo z respondentů nepodstoupil kartografické vzdělání, směřovala poslední otázka dotazníku na to, jakou mají s mapami zkušenost. Tato otázka byla konstruována do podoby otázky s několika odpověďmi. Jak lze vidět na Obr. 29, více než polovina respondentů, konkrétně 63 %, uvedla, že se s mapami setkali při studiu zejména v hodinách zeměpisu, dějepisu a geopolitiky. Možnost „s mapami nemám velkou zkušenost“ označilo celkem 17 % respondentů a 10 % pak uvedlo, že mapy v určité podobě používají při práci. 10 % respondentů konečně tvrdilo, že mají zkušenosti s mapami odjinud, např. z turistiky či ze studia geografii blízkého oboru (enviromentální studia, učitelství historie).



Obr. 28 Dělení respondentů dle nejvyššího dosaženého vzdělání a činnosti (zdroj: vlastní tvorba).



Obr. 29 Dělení respondentů dle jejich zkušenosti s mapami (zdroj: vlastní tvorba).

#### 4.4.2 Analýza eye-tracking experimentu

Eye-tracking experiment byl připraven a realizován v prostředí softwaru Gazepoint Analysis. Tento software však nedisponuje příliš mocnými nástroji na pre-processing dat, jejich analýzu a vizualizaci, a proto byla data za pomoci nástroje gp2ogama převedena do open source nástroje OGAMA, ve kterém byla data zpracována a následně proběhla statistická analýza, jež spočívala v ověření hypotézy, že práce s mapami splňujícími kartografické konvence je efektivnější než práce s mapami, kde jsou tyto konvence porušeny. Konkrétně bylo definováno následujících osm dílčích hypotéz:

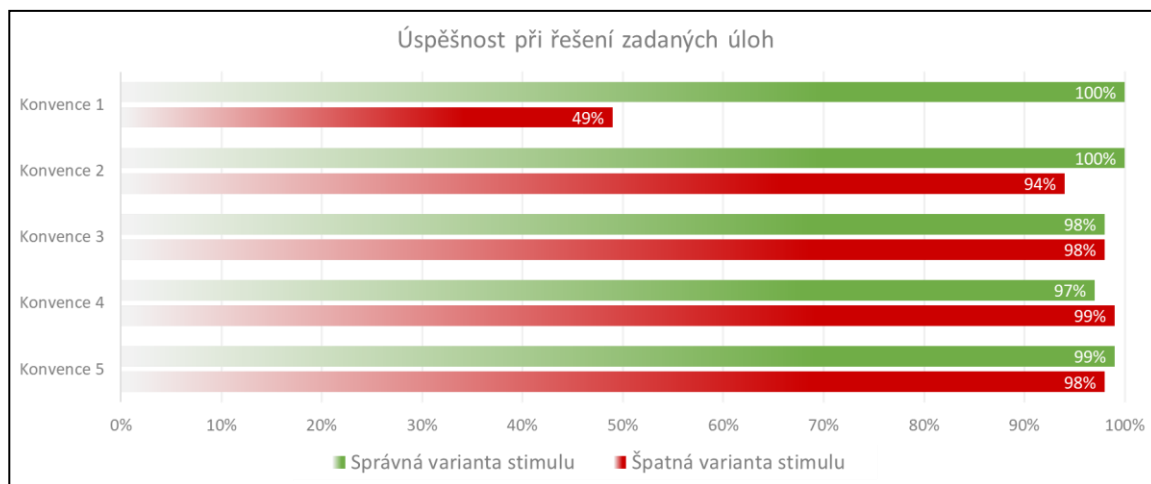
- H1: **Úspěšnost řešení** zadaných úloh je u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí vyšší než u variant špatných.
- H2: **Čas do odpovědi** je při řešení zadaných úloh u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí kratší než u variant špatných.
- H3: **Celkový čas strávený v legendě** je při řešení zadaných úloh u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí nižší než u variant špatných
- H4: **Celkový čas strávený v mapovém poli** je při řešení zadaných úloh u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí nižší než u variant špatných
- H5: **Celkový počet fixací během řešení zadaných úloh** je u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí nižší než u variant špatných.
- H6: **Počet fixací v legendě** je při řešení zadaných úloh u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí nižší než u variant špatných
- H7: **Počet fixací v mapovém poli** je při řešení zadaných úloh u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí nižší než u variant špatných
- H8: **Trajektorie pohybu oka** je při řešení zadaných úloh u správných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí kratší než u variant špatných

Byly tedy testovány tzv. nulové hypotézy, tedy že mezi správnými a špatnými variantami není rozdíl. Zamítnutí či přijetí nulové bylo zjišťováno pomocí párového Wilcoxonova testu na hladině významnosti 0,05. Pro účely této diplomové práce to tedy znamená, že pokud byla hodnota p-value nižší než 0,05, existuje mezi správnými a špatnými variantami mapových stimulů jednotlivých konvencí u sledované metriky statisticky významný rozdíl. Pokud byla p-value vyšší než 0,05, nelze nulovou hypotézu zamítnout, a lze tedy říci, že se hodnoty zmíněných metrik mezi variantami neliší

Byly tedy testovány tzv. nulové hypotézy, při jejichž zamítnutí nastávají tzv. alternativní hypotézy. Zamítnutí či přijetí hypotézy bylo odvislé od hodnoty p-value s hraniční hodnotou 0,05, která vyjadřuje nejnižší hladinu významnosti, na níž lze nulovou hypotézu zamítnout a současně také nejvyšší hladinu významnosti, na které nulová hypotéza zamítnuta není. Pro účely této diplomové práce to tedy znamená, že pokud byla hodnota p-value nižší než 0,05, existuje rozdíl mezi jednotlivými metrikami v rámci správných a špatných variant mapových stimulů jednotlivých konvencí. Pokud byla p-value vyšší než 0,05, lze konstatovat, že se hodnoty zmíněných metrik mezi variantami neliší.

**Úspěšnost řešení** byla první zkoumanou metrikou a vyjadřovala skutečnost, zda respondent došel v rámci dané úlohy ke správnému řešení či ne. Výsledky znázorněné v Obr. 30 jasně ukazují výrazný rozdíl v úspěšnosti v případě první konvence, kdy úlohy v rámci správných variant mapy splnilo úspěšně 100 % respondentů, zatímco u špatných variant dosáhla úspěšnost pouze 49 %. Respondenti nejenže měli problém s nenaplněným očekáváním postupně se zvyšující intenzity barvy, ale také pro ně bylo náročné rozeznat, která z barev obsažených ve vyznačených areálech odpovídá té které barvě v legendě. Toto tvrzení je také podpořeno výsledky individuálních rozhovorů. Významný rozdíl lze pozorovat také u konvence č. 2, u jejichž správných variant byla opět 100% úspěšnost, ovšem špatné varianty byly správně vyřešeny pouze z 94 %. Chybovost u třetí a čtvrté konvence byla náhodná a, jak je lze vidět z Obr. 30, velmi nízká.

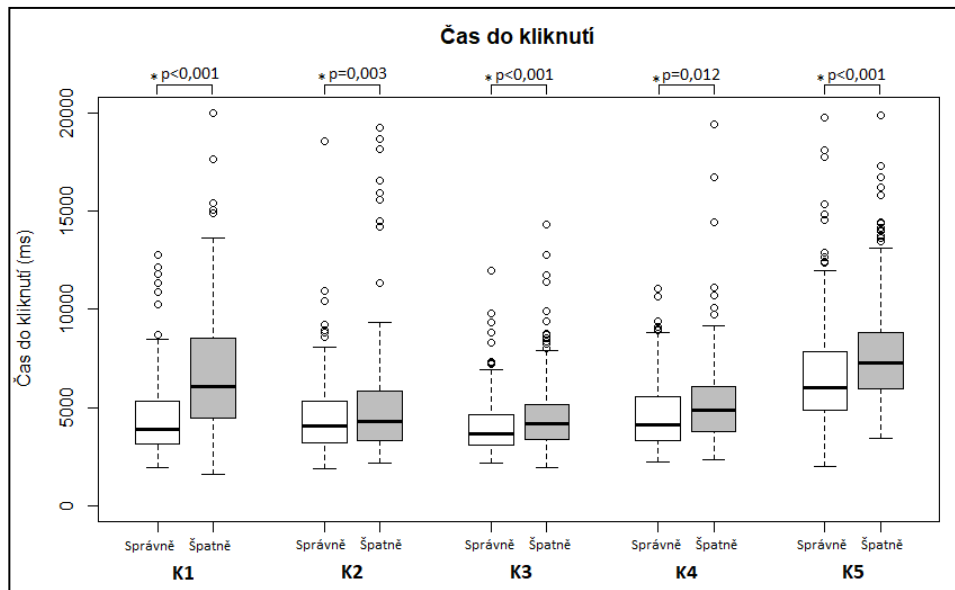
I z doprovodných rozhovorů nebo komunikace s respondenty během testování vyplynulo, že byla tato chybovost částečně způsobena jejich nepozorností při čtení zadání, kdy po přepnutí stimulu se zadáním úlohy zapomněli, zda mají hledat hodnotu kladnou či zápornou, k čemuž u prvních dvou konvencí dojít nemohlo, jelikož byli respondenti vždy dotazováni na areál s vyšší intenzitou jevu. Stejným způsobem lze vysvětlit chybovost i u konvence č. 5, kdy respondenti opět kvůli nepozornosti zaměnili figurální znak, jež byl předmětem úlohy (např. uzel místního/kontinentálního významu).



Obr. 30 Úspěšnost při řešení zadaných úloh (zdroj: vlastní tvorba).

Vzhledem k výše uvedenému dlužno shrnout, že nulová hypotéza byla ve vztahu k prvním dvěma konvencím zamítnuta na hladině významnosti 0,05. Ve vztahu k ostatním konvencím daná nulová hypotéza vzhledem k výsledku testu zamítnuta být nemohla čili rozdíl v úspěšnosti zde statisticky významný není.

**Čas do odpovědi** vyjadřuje, kolik milisekund respondent strávil při řešení zadané úlohy, než zaklikl řešení, jenž považoval za správné. Tato metrika byla namísto často využívaného Trial Duration využita proto, že přesněji umožní porovnat čas potřebný k vyřešení úlohy. Pokud by totiž byla zvolena právě Trial Duration, do celkového času by se započítal také čas mezi zodpovězením otázky pomocí kliku myši a stisknutí mezerníku za účelem přechodu na další stimul, který byl u různých participantů značně odlišný. Jak vyplývá z Obr. 31 znázorňujícího rozložení časů do kliknutí, v případě všech pěti konvencí byly zaznamenány statisticky významné rozdíly na hladině významnosti 0,05. Důležité bylo však také porovnat, jak výrazně se časy u variant jednotlivých konvencí lišily, čehož bylo dosaženo pomocí mediánů, které umožňují ignorovat excesivně vysoké či naopak nízké hodnoty. U první konvence byl rozdíl hodnot opět nejvýraznější, hodnota mediánu dosahovala u správných variant 3 855 ms, zatímco u špatných variant 6 035 ms. Tato data dokreslují výsledky předchozí metriky a lze z nich vyvodit, že neexistuje nepřímá úměra mezi rychlostí vyřešení úlohy a její úspěšností. Jinými slovy nedá se hovořit o situaci, kdy by respondenti chybovali jen proto, že areál zaklikli v rychlosti bez pořádného prozkoumání. Právě naopak, přestože odpověď dlouho zvažovali, často nakonec zvolili odpověď chybnou. Znatelně vyšší pak byly časy u špatných variant čtvrté a páté konvence. Co konkrétně způsobilo zmíněný rozdíl bylo obsaženo v analýze dalších metrik. Nejmenší intenzitu rozdílu pak bylo možné pozorovat u druhé a třetí konvence.

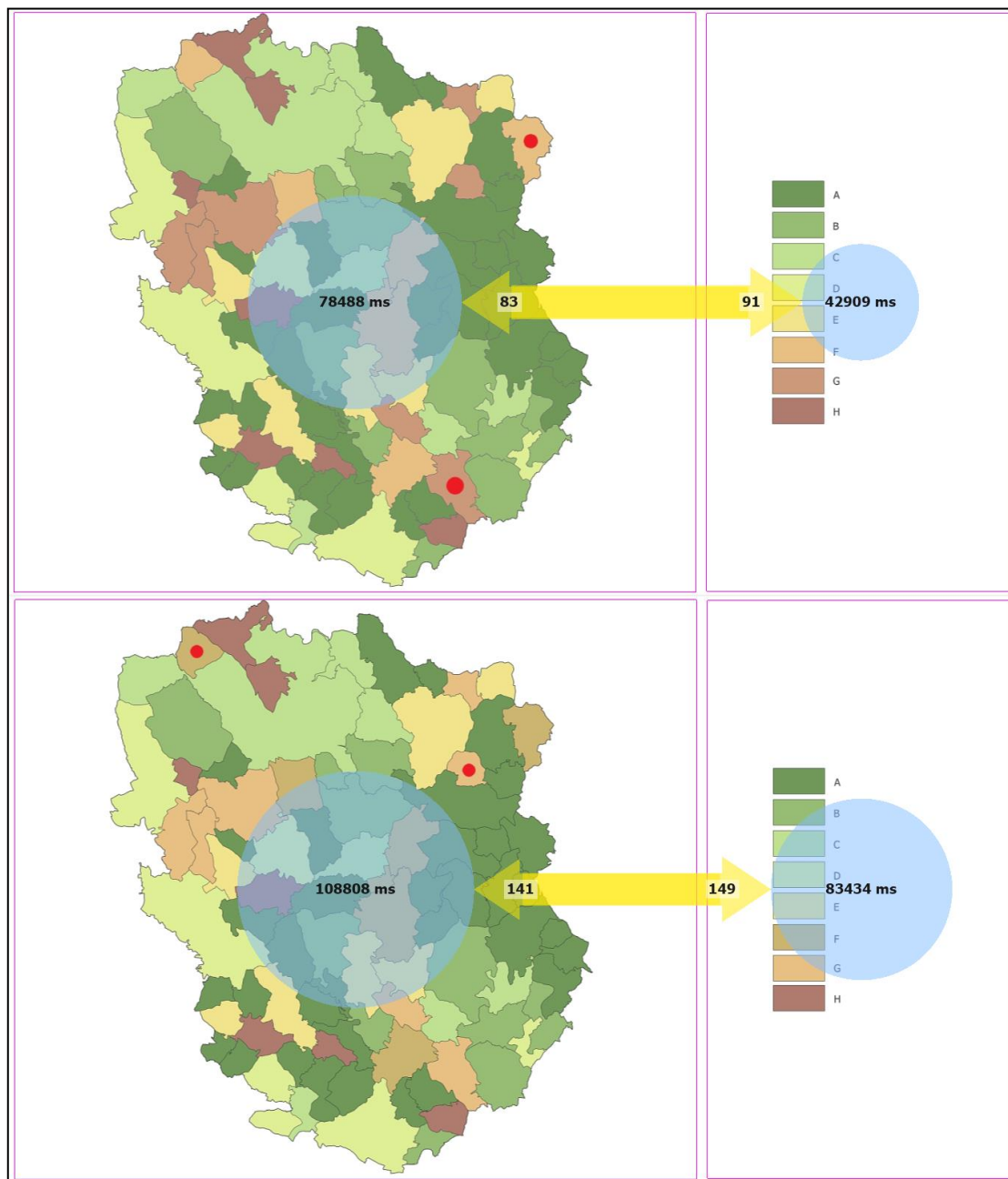


Obr. 31 Boxplot znázorňující výši času do kliknutí u jednotlivých konvencí (zdroj: vlastní tvorba).

**Celkový čas strávený v legendě** byl porovnáván s **celkovým časem stráveným v mapovém poli**, tak, aby bylo zjištěno, která z těchto metrik více ovlivnila čas do prvního kliknutí. Pro tuto analýzu bylo nutné v programu OGAMA zakreslit kolem těchto kompozičních prvků tzv. oblasti zájmu (Areas of Interest, AOI).

Při upření pozornosti na výsledky rozebíraných metrik pro jednotlivé konvence bylo zjištěno, že u konvence č. 1 byl celkový čas nutný k vyřešení úlohy u špatných variant delší jak v důsledku delšího času stráveného v legendě, kdy byli respondenti zmateni náhlou změnou nárustu intenzity a potřebovali čas na zpracování této nové informace, tak v důsledku času stráveného v mapě. Ten byl na špatných variantách mapy delší proto, že bylo pro respondenty daleko složitější rozeznat od sebe areály, z nichž jeden obsahoval propadlou barvu než areály s oběma barvami odpovídajícími intenzitě, jelikož lze u nich pozorovat větší rozdíl v barevné hloubce. Další skutečnost, která dokládá rozdíl v efektivitě práce s mapou je počet přechodů mezi legendou a mapovým polem, který je právě pro jeden ze stimulů první konvence zachycen na Obr. 32. Při porovnání vizualizace správné a špatné varianty lze jasně konstatovat, že co se týče počtu přechodů mezi těmito dvěma zmíněnými AOI, v případě správné varianty je počet přechodů výrazně menší, což značí efektivnější práci s daným stimulem.

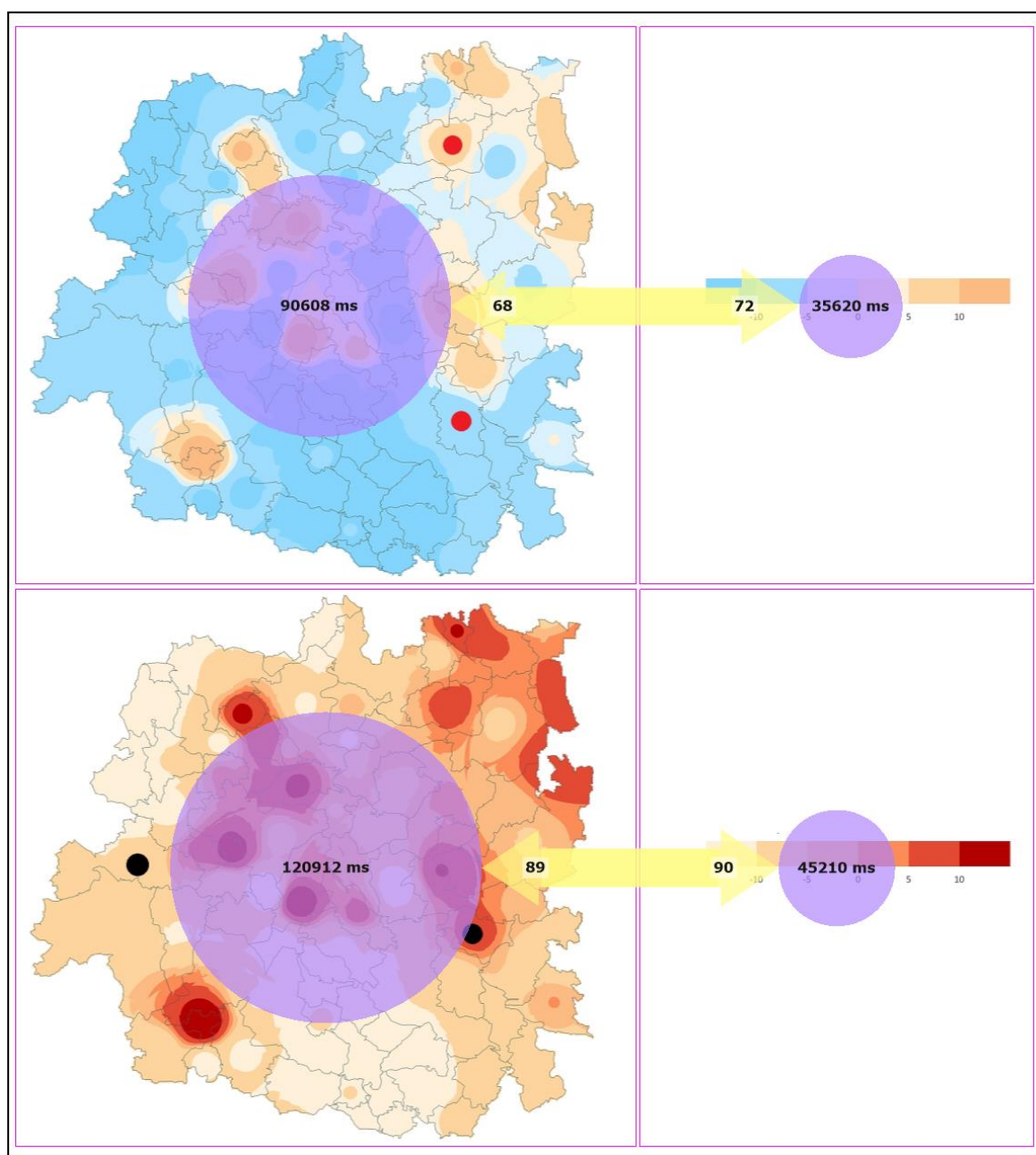
Co se týče druhé konvence, je u obou časů rozdíl výrazně menší než u předešlé konvence, jejíž otestování spočívalo na stejném principu. Přestože parametry rastry, tedy tloušťka a hustota, byly zintenzivňovány v rozporu proti sobě, participantům očividně nečinilo potíže se ve vytvořené legendě orientovat, jelikož k tomu docházelo v obou směrech postupně. K času strávenému v mapě lze konstatovat, že kvůli charakteru úlohy respondenti pouze porovnávali dva „vzory“, které si přenesli z legendy, a na rozdíl od lehce zaměnitelných areálů v případě propadlé barvy byly areály s rastry ve správné ani špatné variantě od sebe poměrně jednoduše odlišitelné.



Obr. 32 Vizualizace počtu přesunů pohledu mezi AOI a času stráveného v nich na správné (nahore) a špatné (dole) variantě jednoho ze stimulů konvence 1 (zdroj: vlastní tvorba).

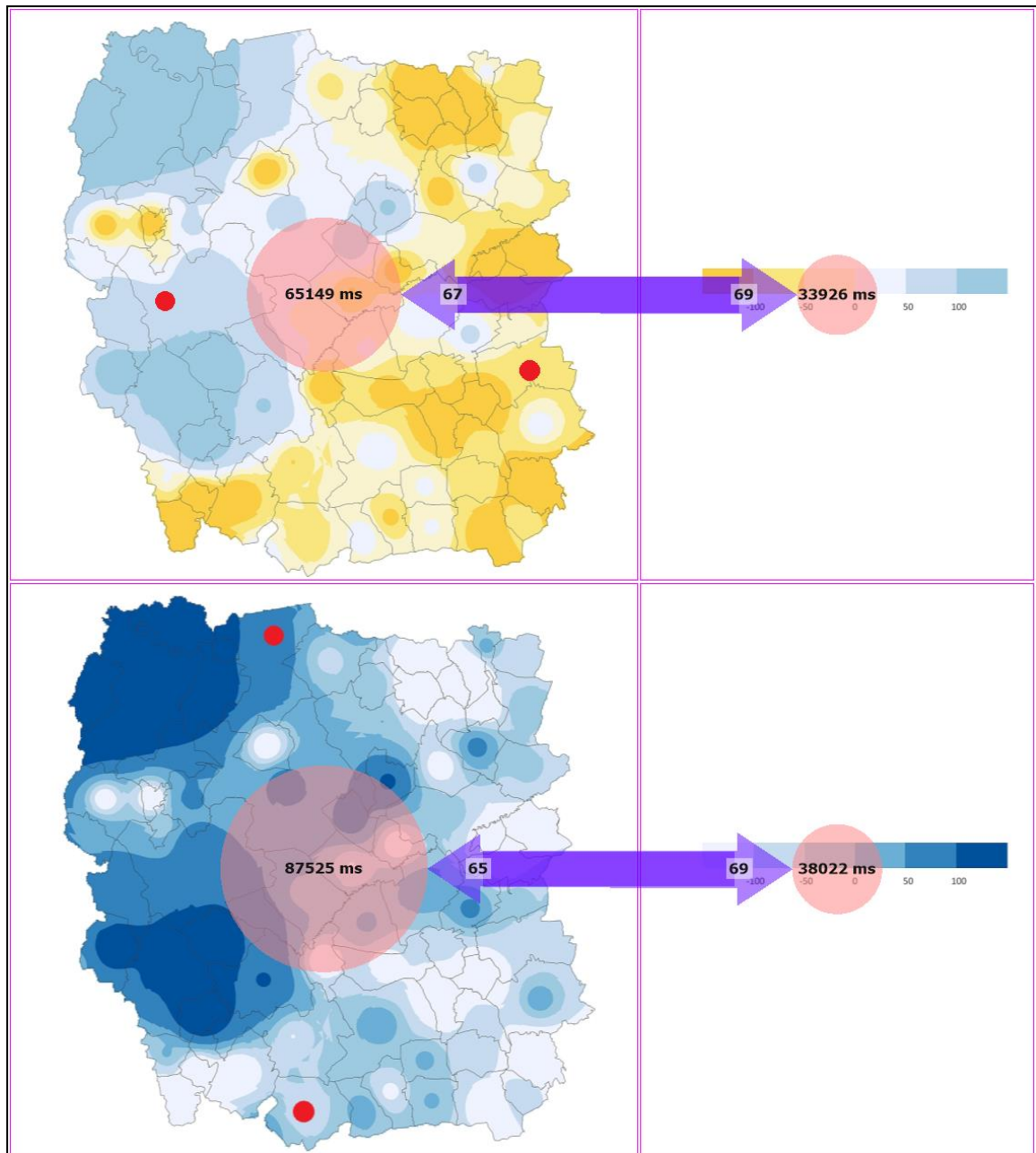
V případě konvence 3 nebyly u času stráveného v legendě rozdíly statisticky významné, což nemohlo vést k zamítnutí H3. Způsobeno to bylo skutečností, že respondenti se při řešení zadané úlohy soustředili pouze na extrémní hodnoty a pohled do legendy byl učiněn pouze za účelem zjištění, zda mají následně v mapě např. při negativní hodnotě hledat tón barvy nacházející se v levé části divergentní stupnice anebo světlejší barvu v případě stupnice konvergentní. Toto zjištění přitom trvalo v obou případech stejně krátkou dobu. Na druhou stranu u času stráveného v mapě je již rozdíl v neprospěch špatných variant statisticky významný a lze ho zdůvodnit tak, že pro respondenty bylo po přenesení informace z legendy snazší odlišit od sebe dva tóny barev než porovnávat pouze dvě různé intenzity jedné barvy. Oba závěry byly podpořeny také subjektivními názory respondentů analyzovanými v následující podkapitole. Uvedené tvrzení platí

vztáhnuto na konvenci č. 3 jako celek, ovšem v rámci jednotlivých stimulů byl vypočítán rozdíl mezi stimuly obsahující při správné variantě studené barvy v negativní části stupnice a teplé barvy v části pozitivní a mezi stimuly, u jejichž správné varianty byly dané barvy ve stupnici prohozeny. Tento rozdíl se projevil při již výše zmíněném počtu přesunů mezi legendou a mapou. V případě divergentních stupnic, v nichž studené barvy odpovídaly negativním hodnotám, dosahoval počet přesunů nižších hodnot než u stupnic konvergentních v rámci odpovídající dvojice. To vyplývá z Obr. 33. Naproti tomu počet přesunů mezi legendou a mapou u dvojice stimulů s konvergentními stupnicemi a divergentními stupnicemi, u nichž negativní část tvořily teplé barvy, se téměř nelišil, což lze pozorovat na Obr. 34.



Obr. 33 Vizualizace počtu přesunů pohledu mezi AOI a času stráveného v nich na správné (nahore) a špatné (dole) variantě jednoho ze stimulů konvence 3 (zdroj: vlastní tvorba).





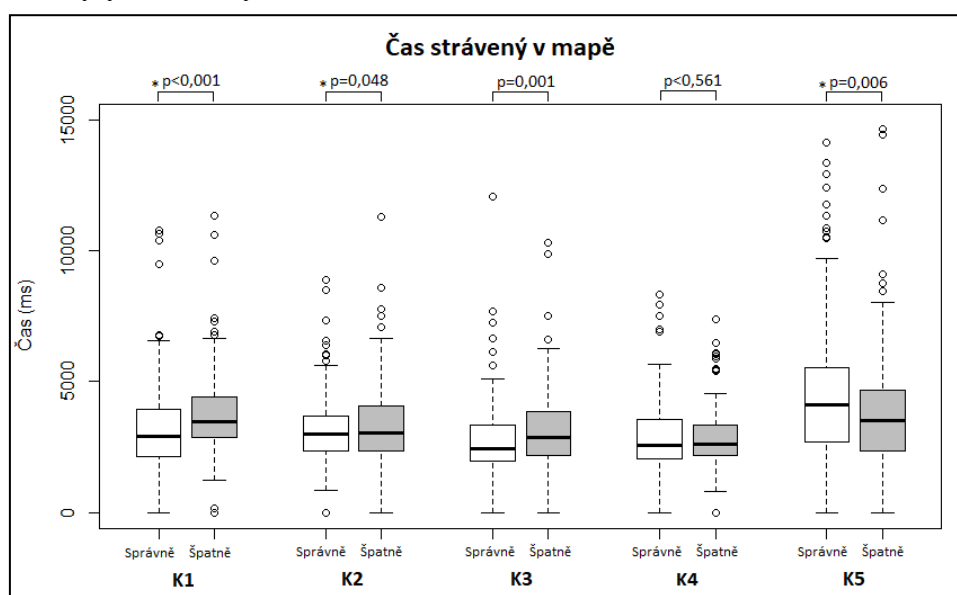
Obr. 34 Vizualizace počtu přesunů pohledu mezi AOI a času stráveného v nich na správné (nahore) a špatné (dole) variantě jednoho ze stimulů konvence 3 (zdroj: vlastní tvorba).

U konvence č. 4, jak vyplývá při porovnání Obr. 35 a Obr. 36, byl delší čas nutný k dokončení úlohy způsoben pouze delším časem u špatných variant stráveným v legendě, jelikož čas strávený v mapě tentokrát nebyl vůbec statisticky významný, tudíž nebyla zamítnuta  $H_4$  na hladině významnosti 0,05. Tato nevýznamnost byla důsledkem skutečnosti, že byl autor práce u varianty s posunutým středem nucen kvůli charakteru spojitě stupnice volit areály s hodnotami značně se lišícími v intenzitě barvy. Respondenti tedy v mapovém poli dokázali areály rozeznat stejně rychle jako areály obsahující odlišné tóny. Naopak orientace v legendě byla u špatné varianty poměrně problematictější, jelikož museli respondenti nejdříve absolvovat orientaci v barevně nepřehledné stupnici.

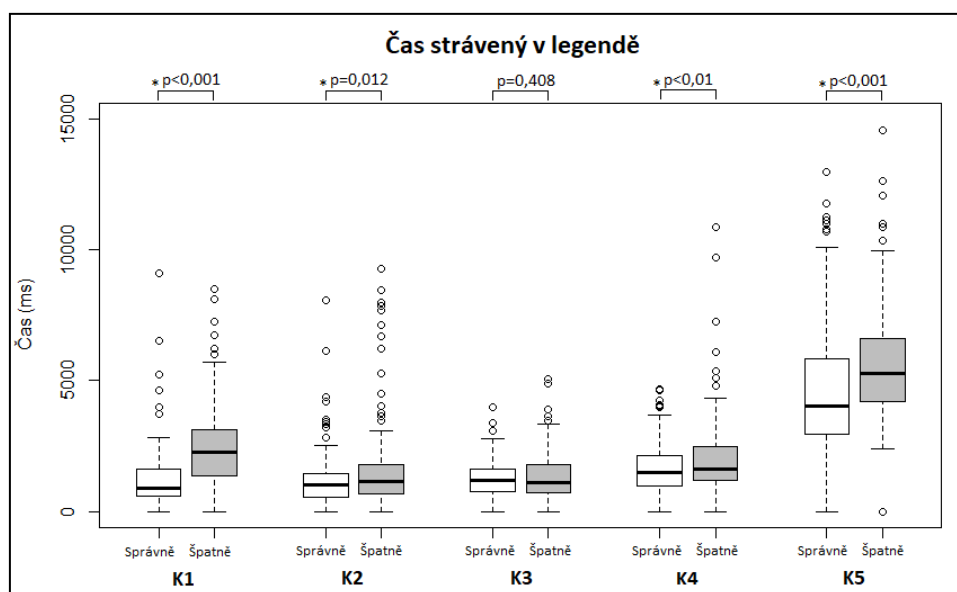
Pokud se týká konvence č. 5, není u správné varianty o tolik nižší čas strávený v legendě, než by se dalo vzhledem k chaotickému uspořádání očekávat, což lze opět

vysvětlit charakterem úlohy spočívajícím v nalezení jednoho konkrétního figurálního znaku, jak dokládají i odpovědi některých participantů v rámci následného rozhovoru. U času stráveného v mapě lze naopak pozorovat vyšší čas u správných variant, což naprosto odporuje všem ostatním dosud uvedeným souvislostem. Autor tuto nesrovnalost vysvětluje nešťastným umístěním hledaných figurálních znaků do správných variant mapy na místa, kam znak respondentů přirozeně neputoval. Vzhledem k tomu, že se pátá konvence soustředí výlučně na uspořádanost legendy, byl v tomto případě čas strávený v mapě irelevantní.

Na závěr nutno dodat, že vyjma času stráveného v legendě v případě třetí konvence a času stráveného v mapě u konvence čtvrté byly všechny naměřené rozdíly statisticky významné. Nulové hypotézy H3 a H4 tím pádem ve vztahu k ostatním konvencím byly zamítnuty.

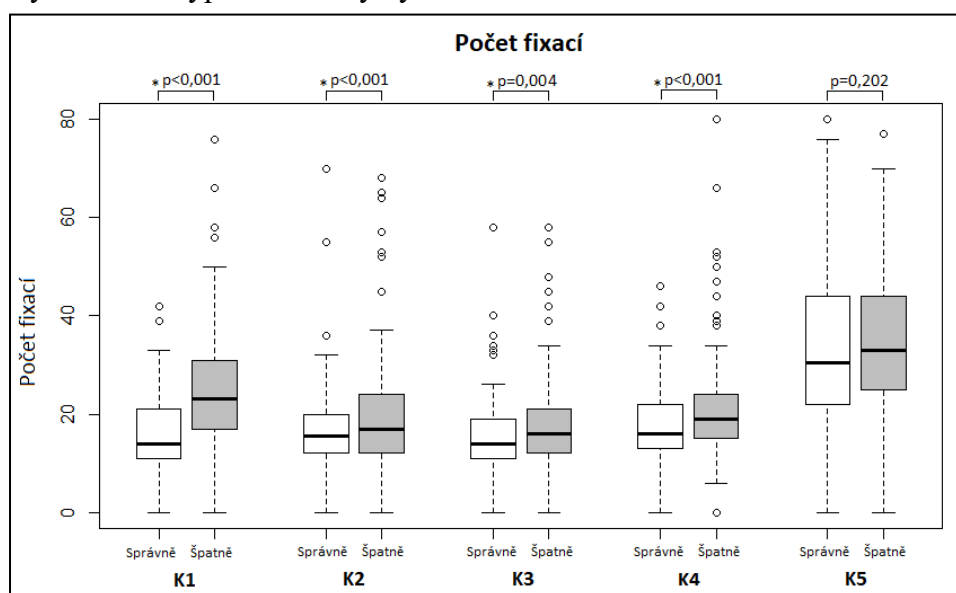


Obr. 35 Boxplot znázorňující celkový čas strávený v mapovém poli (zdroj: vlastní tvorba).



Obr. 36 Boxplot znázorňující celkový čas strávený v legendě (zdroj: vlastní tvorba).

**Celkový počet fixací**, neboli pohybů oka, jež respondent provede při sledování stimulu, může při vysokých hodnotách ukazovat na neefektivní vyhledávání, kdy respondent často přemísťuje pohled z jednoho místa na druhé, jelikož nemůže nalézt odpověď (Holmqvist, 2011). Čím více fixací je při sledování stimulu provedeno, tím vyšší čas by měl být v souvislosti s řešením úlohy naměřen. Proto by výsledky počtu fixací i jejich zdůvodnění mělo být velmi obdobné jako v případě času. U prvních čtyř konvencí lze opravdu pozorovat statisticky významněji vyšší počet fixací u špatných variant, přičemž nejvýraznější rozdíl byl naměřen u konvence první, jak vypovídá Obr. 37. Zarážející je však zjištění, že rozdíl u páté konvence není statisticky významný, což by mělo vést k nemožnosti zamítnutí H5. Taková interpretace by však byla ukvapená a hlavně chybná. Jak již bylo vysvětleno výše, v rámci správné varianty páté konvence byly nešťastně zvoleny takové figurální znaky, jež bylo v mapovém poli náročné najít, což nezpůsobilo pouze delší strávený čas, ale také vyšší počet fixací v něm. Protože však konvence míří čistě na uspořádání v legendě, je pro ověření hypotézy relevantní jedině a pouze počet fixací v legendě, který byl u špatné varianty výrazně vyšší, a tedy i statisticky významný. Je tedy nutné shrnout, že za normální situace by i celkový počet fixací byl statisticky významný a nulová hypotéza H5 by byla zamítnuta.



Obr. 37 Boxplot znázorňující celkový počet fixací (zdroj: vlastní tvorba).

**Počet fixací v legendě a počet fixací v mapě** byl opět porovnáván dle Obr. 38 a Obr. 39 pro jednotlivé konvence za účelem lepšího porozumění příčin celkového počtu fixace rozebraného výše. V případě první konvence je medián počtu fixací v legendě pro správnou variantu čtyři a pro špatnou variantu devět. To naznačuje velmi výrazný rozdíl, co se relativní četnosti týče, ovšem samotný počet fixací v rámci absolutní četnosti až tak vysoký není. Oproti tomu počet fixací v mapě je v absolutních číslech o poznání vyšší při menším poměrném rozdílu mediánů, konkrétně 14 fixací u špatné varianty a 10 u varianty správné. Tyto výsledky lze interpretovat tak, že ve vzájemném porovnání bylo pro respondenty náročnější zorientovat se v legendě s propadem barvy, ovšem na

celkovém počtu fixací se ve vyšší míře podílela práce s mapovým polem, kdy museli respondenti porovnávat areály s barvami různých intenzit.

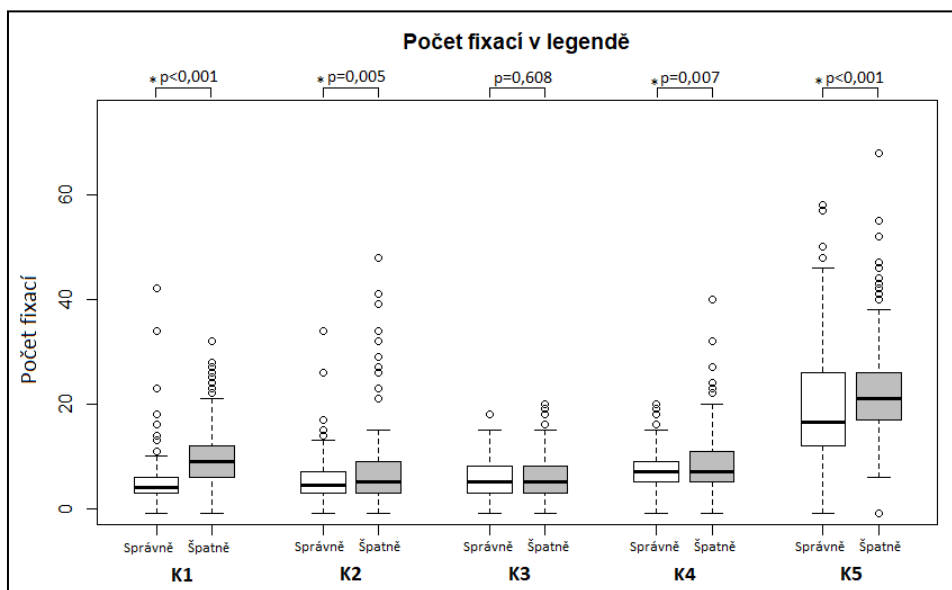
Výsledky u druhé konvence opět potvrzují již předešlá tvrzení. Medián počtu fixací v legendě (čtyři u správné varianty a pět u špatné) je vůbec nejnižší ze všech konvencí a je poměrně vyrovnaný, což dokládá, že propad rastru nebyl pro respondenty natolik matoucí, jako např. propad barvy. Počet fixací v mapě byl pak o poznání vyšší, konkrétně 10 u správné varianty a 12 u špatné. Lze tedy konstatovat, že k porovnání areálů v rámci správného stimulu potřebovali respondenti stejný počet fixací jako u komparace barev, kdežto u špatné varianty bylo zapotřebí počtu fixací méně, z čehož lze usuzovat na menší problematickost porušení konvence č. 2.

Medián počtu fixací v legendě v případě třetí konvence je velmi nízký a naprosto stejný u obou variantu, tudíž nejsou tyto výsledky statistické významné a není možné zamítnout nulovou hypotézu  $H_5$  ve vztahu ke konvenci č. 3 na hladině významnosti 0,05. Důvodem zde byl opět pohled do legendy pouze kvůli zjištění, zda se jedná o divergentní či konvergentní stupnici. Stejně jako v případě času stráveného v mapě, i počet fixací v mapě je u špatné varianty vyšší, což bylo způsobeno nutností respondentů porovnat různé intenzity barev, jež byla doprovázena častějším tčkáním mezi vyznačenými areály, než tomu bylo v případě rozdílných tónů, jejichž komparace je možná při menším počtu opěťovaných pohledů na dané areály.

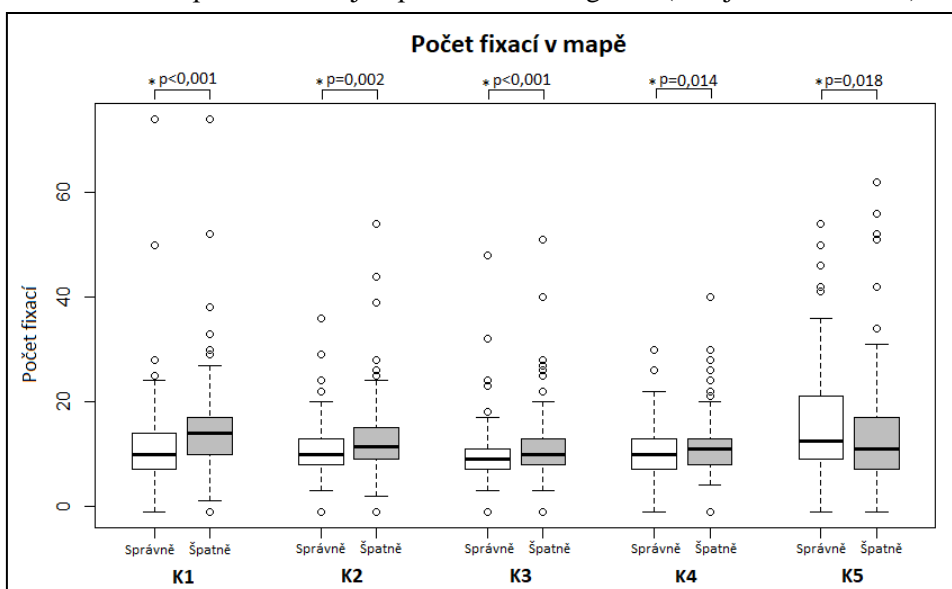
K výsledkům čtvrté konvence lze konstatovat, že medián počtu fixací v legendě je u obou variant stejný. Přesto jsou však tyto výsledky statisticky významné, jelikož se u špatné varianty objevuje výrazně větší množství extrémů ve smyslu vyššího počtu fixací. Z toho lze dovodit, že někteří respondenti si s orientací v legendě poradili stejně snadno jako u správné varianty, ale naopak jiným respondentům to činilo znatelně větší potíže. Počet fixací v mapě se opět příliš výrazně neliší, a to z toho důvodu, že rozlišení barev velmi odlišné intenzity zabere respondentovi přibližně stejný počet opěťovaných pohledů jako v případě areálů s odlišnými tóny barev.

Jak již bylo konstatováno výše, výsledky počtu fixací v mapě pro pátou konvenci relevantní nejsou, a proto nebyly dále rozebírány. Co se pak týče počtu fixací v legendě, medián v rámci správné varianty je 16, zatímco u špatné varianty je 21. V souvislosti s chaotickou legendou byl přitom autorem očekáván mnohem vyšší nesoulad počtu fixací. Charakter úlohy ovšem u některých participantů způsobil, že u všech stimulů páté konvence prohlíželi legendu sestupně od prvního figurálního znaku dolů, až dokud nenašli požadovaný znak. Bližší rozebrání přístupu participantů k sestavení legendy bylo představeno dále v textu práce.

Závěrem nutno dodat, že pokud bude odhlédnuto od počtu fixací v legendě v případě třetí konvence, lze všechny výsledky prohlásit za statisticky významné. Nulové hypotézy  $H_6$  a  $H_7$  jsou tedy ve vztahu ke všem konvencím zamítnuty.

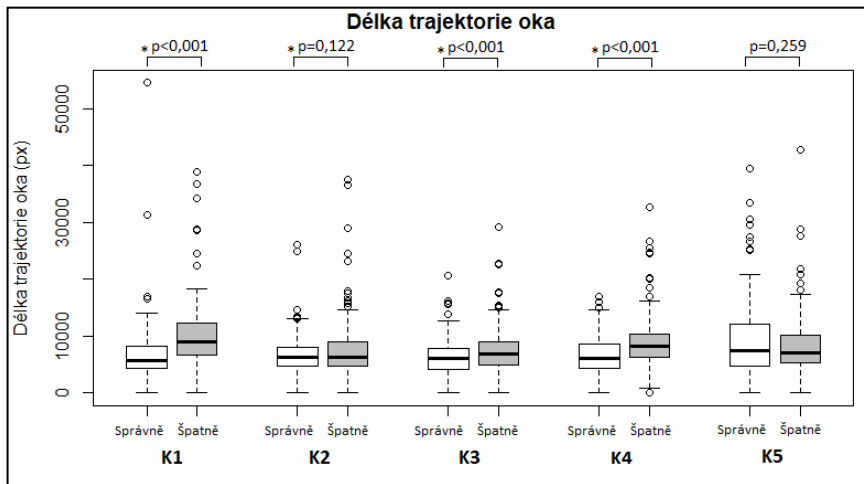


Obr. 38 Boxplot znázorňující počet fixací v legendě (zdroj: vlastní tvorba).

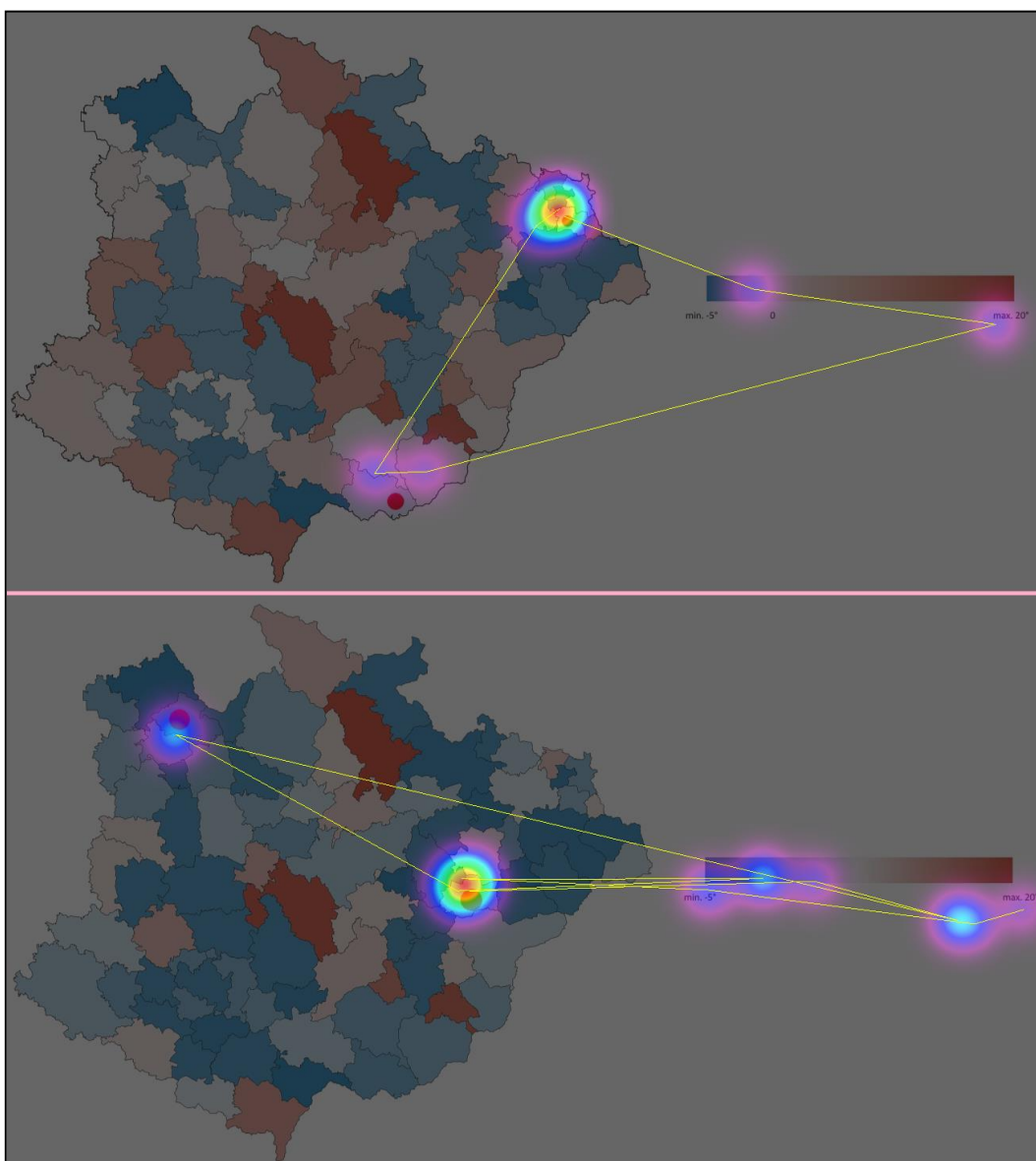


Obr. 39 Boxplot znázorňující počet fixací v mapovém poli (zdroj: vlastní tvorba).

**Trajektorie pohybu oka** byla poslední zkoumanou metrikou v rámci této práce. Goldberg a Helfman (2011) tvrdí, že v závislosti na délce trajektorie pohybu oka je možné dovést srozumitelnost stimulu, což bylo náplní ověřování H8. Jak vyplývá z Obr. 40 obsahujícího boxplot znázorňující délku trajektorie oka, u špatných variant všech konvencí vyjma páté byla trajektorie delší než u variant správných, což vedlo k zamítnutí nulové hypotézy H8 na hladině významnosti 0,05. Ukázkou vizualizace rozdílných délek trajektorie pohybu oka u správné a špatné varianty jedné z dvojice stimulů konvence č. 4 lze vidět na Obr. 41. Skutečnost, že rozdíl u konvence č. 5 není statisticky významný byla způsobena umístěním figurálních znaků do různě přístupných míst, jak již bylo nastíněno výše. K důvodům zjištěných výsledků nelze jinak, než odkázat na již výše předvedenou argumentaci, protože délka trajektorie pohybu oka v sobě odráží výsledky celkového počtu fixací, počtu fixací v mapě i legendě stejně tak jako počet přesunu pohybu očí z legendy na mapu.



Obr. 40 Boxplot znázorňující délku trajektorií oka (zdroj: vlastní tvorba).



Obr. 41 Vizualizace trajektorie pohybu oka na správné (nahore) a špatné (dole) variantě jednoho ze stimulů konvence 4 (zdroj: vlastní tvorba).

### 4.4.3 Analýza individuálního rozhovoru

Vzhledem k tomu, že individuální rozhovor zjišťující názor respondentů byl proveden pouze za účelem dokreslení objektivně zjištěných poznatků, nebyly odpovědi respondentů analyzovány pomocí statistických metod. Vyhodnocení probíhalo spíše kvalitativně tak, aby mohlo být lépe porozuměno příčinám naměřených výsledků. Data získaná z rozhovorů přitom měla podobu odpovědí na otázky: „*Považujete jednu z dvojice map za přehlednější či srozumitelnější? Pracovalo se Vám s jednou z nich lépe? Případně se kterou a proč?*“.

Na úvod je nutno zmínit, že ve spoustě případů měly odpovědi respondentů na dané otázky podobu popisu zvolených porušení konvencí vlastními slovy, např. *Očekával jsem barevnou posloupnost a zmátlo mě, že jeden odstín byl najednou světlejší*“ (propad barvy) nebo *„Čím byly silnější čáry, tím víc se zvyšovala intenzita, ale na druhé mapě to bylo naopak“* (propad rastru). Obecně se dá tvrdit, že stimuly dodržující dané konvence byly respondenty považovány za srozumitelnější a příjemnější pro práci. Objevovali se však také respondenti, kteří z různých důvodů preferovali stimul, jenž konvenci porušoval. Poměr respondentů s odlišným názorem ovšem nebyl u všech konvencí stejný.

U konvence č. 1 se z 30 respondentů neobjevil ani jeden, který by považoval špatnou variantu za srozumitelnější, což jen potvrzuje závěry z analýzy eye-tracking experimentu. Lze tedy shrnout, že porušení této konvence vede k výraznému snížení efektivity práce s mapou.

Další konvence, jejíž porušení má výrazný dopad na srozumitelnost mapy, je konvence čtvrtá, u níž se lépe pracovalo se správnou variantou 28 respondentům, kteří argumentovali například takto: *„Když byla nula přesně mezi barvami, bylo jednodušší poznat, co je v mínusu a co v plusu“* nebo *„Když byl předěl v nule, stačilo na začátek jen rozlišit barvy.“*

U druhé konvence považovala špatnou variantu za srozumitelnější desetina respondentů, což poměrně odpovídá chybovosti při řešení úloh. Z odpovědí zbylých devíti desetin respondentů však i co se týče intenzity odpovědí nevyplývala tak jasná shoda jako u první konvence, někteří respondenti nad svou odpovědí dlouze váhali. Bylo tomu tak proto, že zvyšování jednoho parametru za současného snižování druhého parametru samo o sobě nezpůsobovalo problém v odlišení areálů. Porušení druhé konvence má obecně spíše za následek misinterpretaci mapy jako celku. Vzhledem k tomu, že nekartografové nepřemýšleli nad tím, jakou informaci si z mapy přináší, ale pouze nad porovnáním dvou areálů tvořící zadání úlohy, nepůsobilo to až tak problematičticky.

Odpovědi u třetí konvence byly oproti ostatním velmi různorodé. Tři čtvrtiny respondentů jasně uvedly, že stupnice dvou barev byla přehlednější, protože jasně umožňovala rozeznat negativní a pozitivní hodnoty. Ze zbylé čtvrtiny poté někteří respondenti tvrdili, že srozumitelnější byla divergentní, protože dle jejich slov: *„nemusela jsem ani použít legendu, stačilo najít světlejší nebo tmavší barvu“* v závislosti na tom, zda měli najít pozitivní či negativní hodnotu. Vzhledem k tomu, že tato argumentace odvisela

od typu úlohy, byli tito respondenti při rozhovoru dále dotázáni na celkovou interpretaci map ve špatných variantách, což v nich vyvolalo značné pochyby. Nakonec tedy většinou přiznali, že pokud by měli zhodnotit např. celkový poměr pozitivních a negativních hodnot na mapě, s konvergentní stupnicí by se již pracovalo hůře. Poslední část respondentů, kteří tvrdili lepší srozumitelnost konvergentní stupnice, se však omezovala pouze na určité situace. Pokud byly negativní hodnoty divergentní stupnice znázorněny studenými barvami, bylo pro ně snazší pracovat s těmito stupnicemi. Naopak při použití studených barev pro pozitivní hodnoty (např. stimul vláhové bilance zobrazen na Obr. 34) je daný nesoulad mátl a snadnější pro ně tedy bylo vycházet pouze z porovnání intenzity jedné barvy u konvergentní stupnice. Lze tedy konstatovat, že přestože se jednalo o tematickou mapu, jejíž název byl respondentům znám, neinterpretovali tyto barvy kvalitativně.

U páté konvence se objevovalo největší procento respondentů, kterým se lépe pracovalo se špatnou variantou stimulu nebo, kteří ve srozumitelnosti mezi variantami stimulu nerozlišovali. Nutno dodat, že tato skutečnost závisela na charakteru úlohy a také na nejvyšším dosaženém vzdělání participantů. Respondenti s vysokoškolským vzděláním odpovídali: „*Chaotická legenda je méně srozumitelná, protože jsem u ní nevěděl, v jaké oblasti mám ten znak hledat*“. Naopak respondenti s nižším dosaženým vzděláním se spíše soustředili na splnění úlohy. Vzhledem k tomu, že spočívala pouze v nalezení znaku v legendě a následně v mapovém poli, postupovali mechanicky a legendu prohledávali sestupně od shora dolů.



## 5 VÝSLEDKY

V průběhu praktické části práce byla pomocí statistické analýzy dat získaných z provedeného dotazníkového šetření, eye-tracking experimentu a závěrečného individuálního rozhovoru, ověřována hlavní hypotéza, že práce s mapami splňujícími kartografické konvence je efektivnější než práce s mapami, kde jsou tyto konvence porušeny. Analýza výsledků probíhala na základě komparace jednotlivých statistických ukazatelů, např. mediánů jednotlivých sledovaných metrik, jež jsou zobrazeny v Tab. 1.

Tab. 1 – Mediány jednotlivých metrik pro správné i špatné varianty stimulů jednotlivých konvencí (zdroj: vlastní tvorba).

Metriky	Konvence 1		Konvence 2		Konvence 3		Konvence 4		Konvence 5	
	Správně	Špatně	Správně	Špatně	Správně	Špatně	Správně	Špatně	Správně	Špatně
Čas do prvního kliknutí (ms)	3 855	6 035	4 080	4 290	3 675	4 195	4 090	4 840	6 015	7 250
Celkový počet fixací	14	23	15	17	14	16	16	19	30	33
Celkový počet fixací v AOI (legenda)	4	9	4	5	5	5	7	7	16	21
Celkový počet fixací v AOI (mapa)	10	14	10	12	9	10	10	11	12	11
Celkový čas strávený v AOI (legenda) (ms)	888	2 278	1 038	1 154	1 184	1 108	1 497	1 605	4 009	5 261
Celkový čas strávený v AOI (mapa) (ms)	2 912	3 483	2 978	3 059	2 446	2 868	2 585	2 624	4 105	3 534
Délka trajektorie oka (px)	5 689	9 010	6 245	6 326	6 012	6 782	6 102	8 213	7 447	7 130

Samotného cíle práce pak bylo dosaženo na základě ověření osmi dílčích hypotéz, které spočívaly ve zjištění rozdílné efektivity u map dodržujících a porušujících konvence zvolené v teoretické části práce. Každá z dílčích hypotéz odpovídala jedné z metrik, jež byly zvoleny pro hodnocení experimentu. Souhrn výsledků je obsažen v Tab. 2

Tab. 2 – Matice ověření dílčích nulových hypotéz (zdroj: vlastní tvorba).

Hypotézy	Konvence 1	Konvence 2	Konvence 3	Konvence 4	Konvence 5
H1 – Úspěšnost řešení	Zamítnuta	Zamítnuta	Nelze zamítnout	Nelze zamítnout	Nelze zamítnout
H2 – Čas do odpovědi (ms)	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta
H3 – Celkový čas strávený v AOI (legenda) (ms)	Zamítnuta	Zamítnuta	Nelze zamítnout	Zamítnuta	Zamítnuta
H4 – Celkový čas strávený v AOI (mapa) (ms)	Zamítnuta	Zamítnuta	Nelze zamítnout	Nelze zamítnout	Zamítnuta
H5 – Celkový počet fixací	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Nelze zamítnout
H6 – Celkový počet fixací v AOI (legenda)	Zamítnuta	Zamítnuta	Nelze zamítnout	Zamítnuta	Zamítnuta
H7 – Celkový počet fixací v AOI (mapa)	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta
H8 – Délka trajektorie oka (px)	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Zamítnuta	Nelze zamítnout

Při pohledu na matici obsahující souhrn ověření dílčích nulových hypotéz lze konstatovat, že v případě první konvence zabývající využitím barev pro kvantitativní rozlišení jevů a druhé konvence, která se věnuje využití rastru pro kvantitativní rozlišení jevů, byly všechny dílčí nulové hypotézy zamítnuty, což znamená, že rozdíly mezi výsledky správných a špatných variant stimulů byly statisticky významné. Jinými slovy byla prokázána vyšší efektivita práce s mapou v případě, kdy jsou dodrženy konvence č. 1 a 2, což bylo následně také podpořeno subjektivními názory respondentů.

U třetí konvence věnující se použití divergentní stupnice pro zobrazení dvoukoncových dat byla zamítnuta pouze polovina hypotéz, což znamená, že se prokázal rozdíl mezi výsledky správných a špatných variant jednotlivých stimulů pouze v souvislosti s celkovým časem do odpovědi, celkovým počtem fixací, počtem fixací v mapě a délkou trajektorie oka. Při komparaci v rámci ostatních metrik nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, což bylo částečně způsobeno charakterem úlohy

spočívajícím v pouhém porovnávání vyznačených areálů, který zmírňoval obtížnost interpretace stimulu obsahujícího porušení třetí konvence. Poslední poznatek, který byl v souvislosti se třetí konvencí zjištěn byl rozdíl ve výsledcích mezi tematickými mapami využívajícími pro negativní hodnoty studené barvy a barvy teplé pro pozitivní hodnoty a mapami využívající barvy v opačném směru.

V případě čtvrté konvence zaobírající se správným umístěním střední hodnoty na divergentní stupnici bylo zamítnuto šest z osmi dílčích hypotéz, což z velké části potvrzuje, že u mapy, která dodržuje tuto konvenci je dosaženo vyšší efektivity práce. Opět zde bylo možno pozorovat negativní vliv charakteru úlohy, při jejímž řešení byli respondenti sledováni. I díky subjektivní doplňující metodě lze konstatovat, že má-li být docíleno vyšší efektivity mapy, měla by být tato konvence dodržena.

Dílčí hypotézy u páté konvence věnující se uspořádanosti legendy byly opět zamítnuty pouze z části. Ovšem díky autorově reflexi narušení výsledků v důsledku různého umístění hledaných figurálních znaků do mapového pole a také díky interpretaci subjektivní metody byl dovozen závěr, že i v případě páté konvence byla prokázána vyšší efektivita práce s mapou dodržující tuto konvenci.

## 6 DISKUZE

V rámci diskuse byla provedena autorova reflexe největších překážek, které se v průběhu práce vyskytly, a jejich negativních důsledků.

Co se týče naplnění původních ambicí práce, které jsou z části obsaženy v zadání, kvůli celosvětové pandemii spojené s onemocněním covid-19 musela být změněna hlavně podoba testování. Místo původního plánu provést experiment v prostorách laboratoře katedry geoinformatiky univerzity palackého s pomocí statického eye-trackeru Tobii Spectrum 300, bylo přistoupeno k alternativní podobě experimentu v domácích prostorách autora za použití přenosného zařízení GP3 HD, jež byl autorovi zapůjčen vedoucím práce. Na základě doporučení odborníků z KGI bylo také odstoupeno od myšlenky porovnat výsledky testování respondentů s kartografickým vzděláním a bez něj a výzkumný vzorek tak ve své konečné podobě sestával pouze z respondentů bez kartografického vzdělání.

K teoretické části práce lze uvést, že problematika tvorby tematických map a s tím spojených kartografických konvencí je značně obsáhlá, tudíž nebylo možné obsáhnout v rámci rešerše veškerou existující literaturu. Literární rešerše tedy byla provedena na základě všech domácích i zahraničních publikací, které autor považoval svým obsahem za nejvíce užitečné a relevantní pro účely této práce.

Pokud bude pozornost upřena na problémy v praktické části, je nutné poukázat na souvislosti spojené již se zvolenou metodou. Do eye-tracking experimentu vstupovalo velké množství vnějších proměnných, které nebylo možno zcela odstranit. Již ze své samotné podstaty nemůže být experiment proveden dokonale. Eliminace veškerých vnějších proměnných přitom ani není žádoucí, jelikož by vedla k vytvoření příliš umělých výsledků. V této souvislosti si je autor vědom hned několika skutečností, které mohly vést ke zkreslení výsledků. Jednalo se zejména o charakter úlohy zadané respondentům při testování, která je nutila pouze k porovnání vyznačených areálů, což nebylo i při porušení daných konvencí tak výrazně problematické, jak bylo původně očekáváno. Během analyzování výsledků byla tato skutečnost reflektována a díky závěrečné subjektivní metodě v podobě rozhovoru, kde autor práce na překvapivé odpovědi reagoval dodatečnými dotazy, byla částečně eliminována. Nejvíce byly výsledky zkresleny u páté konvence kvůli již několikrát zmíněnému umístění hledaného figurálního znaku do těžko přístupného místa na mapovém poli. Obtížné nalezení znaku v mapě ovlivnilo hned několik sledovaných metrik, konkrétně počet fixací v mapě, celkový počet fixací i čas do odpovědi. Opět však bral autor tuto skutečnost při analýze na vědomí a vzhledem k tomu, že pátá konvence spočívala pouze v uspořádání legendy, nebránilo zdlouhavé hledání znaku v mapovém poli možnosti zhodnotit, zda je i pátá konvence platná či nikoliv.

Závěrem lze uvést, že je nutno se na situaci dívat pozitivně, výše zmíněné nedostatky zejména v podobě zvolených úloh přímo nabádají k tomu, aby byl proveden navazující výzkum, který by kartografické konvence testoval např. v souvislosti s celkovou interpretací mapy.

## ZÁVĚR

Diplomová práce byla věnována tvorbě tematických map a zejména kartografickým konvencím s tvorbou spojeným. Hlavním cílem práce tedy bylo ověřit platnost pěti vybraných konvencí, čehož bylo dosaženo naplněním dílčích cílů rozdělených do teoretické a praktické části práce.

K teoretickým cílům práce lze uvést, že spočívaly ve zpracování rozsáhlé rešerše relevantní domácí i zahraniční literatury a na základě této zvolení pěti konvencí vhodných k otestování. V rešeršní části bylo nejdříve v rámci zasazení problematiky do širší teoretické roviny rozebráno ukotvení pojmů tematická kartografie a tematická mapa v současné literatuře, dále byl charakterizován komunikační proces probíhající skrz mapu a zbylý prostor byl již věnován detailnímu popisu jednotlivých zásad tvorby tematických map tak, jak jsou pojímány odborníky zabývajícími se touto problematikou.

Naplnění cílů praktické části spočívalo nejprve ve tvorbě deseti stimulů pro každou konvenci tvořených pěti dvojicemi obsahujícími mapu dodržující danou konvenci a jí odpovídající mapu, jež konvenci porušuje způsobem zvoleným na základě nejčastějších chyb objevujících se v praxi. Dále spočívalo naplnění cílů v přípravě a realizaci eye-tracking experimentu na 30 respondentech bez kartografického vzdělání v domácích prostorách autora s pomocí přenosného eye-trackeru GP3 HD s frekvencí 150 Hz. Eye-tracking experiment byl doplněn o subjektivní metody, konkrétně dotazník a rozhovor. Dotazníkové šetření bylo provedeno za účelem zjištění dat ohledně pohlaví, věku, nejvyššího dosaženého vzdělání, činnosti (student/pracující) a zkušenosti respondentů s mapami a individuální rozhovor byl zaměřen na zjištění subjektivního názoru respondentů ohledně srozumitelnosti vytvořených a testovaných mapových stimulů. Následující krok spočíval ve vyhodnocení zjištěných výsledků s pomocí metod statistické analýzy, odůvodnění zjištěných poznatků, jemuž napomohla interpretace doplňujících metod, a vyvození patřičných závěrů o platnosti vybraných konvencí.

Na základě výše uvedeného byly zjištěny poznatky, jejichž podrobný popis a interpretace byla shrnuta v kapitole výsledky. Vyšší efektivita map dodržujících vybrané konvence oproti mapám tyto konvence porušující byla v práci potvrzena pomocí zamítnutí většiny dílčích nulových hypotéz, přičemž důvody částečně způsobivší nemožnost zamítnutí některých nulových hypotéz byly reflektovány jak při analýze výsledků, tak následně blíže v diskusní části práce.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BOJKO, A. *Eye tracking the user experience: A practical guide to research*. Edition ed.: Rosenfeld Media, 2013, 320 s.

BREWER, C.A. *Color Use Guidelines for Mapping and Visualization*. In: Mac Eachren, A. M. & Fraser Taylor, D. E. (eds.) *Visualization in Modern Cartography*. Oxford: Elsevier Science Ltd, 1994, s. 123–147.

BRYCHTOVÁ, A. *Exploring the Influence of Colour Distance and Legend Position on Choropleth Maps Readability*. *Modern Trends in Cartography*. Springer International Publishing, 2015. s. 303–314.

BUDÍKOVÁ, M., KRÁLOVÁ, M., MAROŠ, B. *Průvodce základními statistickými metodami*. Praha: Grada. Expert (Grada), 2010, s. 272. ISBN 978-80-247-3243-5.

COLORBREWER 2.0 [online]. [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <http://colorbrewer2.org/>

DRÁPELA, M. *Vybrané kapitoly z kartografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1983, 128 s.

FERJENČÍK, J. *Úvod do metodologie psychologického výzkumu: jak zkoumat lidskou duši*. Praha: Portál, 2000, 256 s.

FIELD, K. *Cartography: a compendium of design thinking for mapmakers*. Redlands, California: Esri Press, 2018, 550 s. ISBN 978-1-58948-439-9.

GOLEBIEWSKA, I. *Legend Layouts for Thematic Maps: A Case Study Integrating Usability Metrics with the Thinking Aloud Method*. *The Cartographic Journal*. 2013, 52, 1, s. 28–40. DOI: 10.1179/1743277413Y.0000000045.

GOLDBERG, J., HELFMAN, J. *Eye tracking for visualization evaluation: Reading values on linear versus radial graphs*. *Information Visualization*, 2011, 10, 3, s. 182–195.

GOLDBERG, J., KOTVAL, P. *Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs*. In *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1999, Vol. 24, s. 631–645.

HOLMQVIST, K., et al. *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and Measures*. Oxford: Oxford University Press, 2011. 560 s.

- HOHNOVÁ, A. Tvorba barevných stupnic podle stylu map [online]. Olomouc, 2016 [cit. 2021-04-30]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Alena Vondráková. Dostupné z WWW: <<http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/hohnova16/>>.
- KAŇOK, J. *Tematická kartografie*. Ostrava: Ostravská univerzita, 1999. 266 s. ISBN 80-7042-781-7.
- KAŇOK, J., VOŽENÍLEK, V. *Chyby v mapách, Barvy v mapách*. GeoBusiness. 2008, 3, s. 16–19.
- KONEČNÝ, M., VOŽENÍLEK, V. *Vývojové trendy v kartografii*. Geografie – Sborník ČGS, Praha, 1999, 104, 4, s. 221–230.
- KRAAK, M., ORMELING, F. *Cartography: visualization of geospatial data*. 2nd ed. New York: Prentice Hall, 2003, ix, 205 s. ISBN 01-308-8890-7.
- MIKLÍN, J., DUŠEK, R., KRTIČKA, L., KALÁB, O. *Tvorba map*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2018. 302 s. ISBN 978-80-7599-017-4.
- MRÁZKOVÁ, K. *Kartografické dovednosti ve výuce zeměpisu* [online]. Brno, 2013 [cit. 2021-04-30]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Eduard Hofmann. Dostupné z WWW: <<https://is.muni.cz/th/g4x9u/>>.
- NIELSEN, J., PERNICE, K. *Eyetracking web usability*. Berkeley, CA: New Riders. 2010.
- NOVÁK, V., MURDYCH, Z. *Kartografie a topografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1988, 318 s.
- POPELKA, S. *Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii. Praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2018.
- PRAVDA, J. *Mapový jazyk*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2003. 104 s.
- PRAVDA, J. *K otázce kategorií a zákonov v kartografii*. Geodetický a kartografický obzor. 1983a, 29, s. 307–313.
- PRAVDA, J. *Zákon kartogramu a problém vyjadrovania nerozlohových charakteristik*. Geografický časopis. 1983b, 35, 136–159.
- ROBINSON, H., et al. *Elements of cartography*. Editorial John Wiley & Sons Inc. USA, 1995, 688 s.

ROHRER, C. *When to Use Which User-Experience Research Methods* [online]. Nielsen Norman Group, 2014 [cit. 2021-04-30]. Dostupné na: <https://www.nngroup.com/articles/which-ux-research-methods/>.

SLOCUM, T., et al. *Thematic cartography and geographic visualization. 2nd ed.* Upper Saddle River, N. J.: Pearson Prentice Hall, c2005. Prentice Hall series in geographic information science. ISBN 01-303-5123-7.

ŠAŠINKA, Č. *Interindividuální rozdíly v percepci prostoru a map.* [online]. Brno, 2012 [cit. 2021-04-30]. Disertační práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce Josef Švancara. Dostupné z WWW: <[http://is.muni.cz/th/44276/ff\\_d/](http://is.muni.cz/th/44276/ff_d/)>.

SVOBODA, M. *Psychologická diagnostika dospělých.* Praha: Portál, 1999, 320 s.

VONDRÁKOVÁ, A. *Pohyb městské populace a jeho kartografická vizualizace.* Sborník referátů z konference GISáček 2007, Ostrava: Technická univerzita Ostrava, 2007.

VONDRÁKOVÁ, A. *Uživatelské aspekty jako výzva současné kartografie.* GIS Ostrava 2016 – Geoinformatika pro společnost, 2016.

VOŽENÍLEK, V. *Aplikovaná kartografie. I. – tematické mapy.* 2. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2004. 187 s. ISBN 80-244-0270-X.

VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol. *Metody tematické kartografie – Vizualizace prostorových jevů.* Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 2011, 216 s. ISBN 978-80-244-2790-4.

WOOD, D. *The Power of Maps.* New York: The Guilford Press, 1992, 248 s.

# **PŘÍLOHY**



# SEZNAM PŘÍLOH

## **Volné přílohy**

Příloha 1 Poster

Příloha 2 DVD

## **Popis struktury DVD**

Adresáře:

ExportExcel

ExportOGAMA

ExportR

GazePoint

OGAMA

Stimuly

Web