MASARYKOVA UNIVERZITA

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

GEOGRAFICKÝ ÚSTAV

PROBLEMATKA POPISU NA MAPÁCH

Diplomová práce

Tomáš Pavelka

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Zdeněk Stachoň, Ph.D. **BRNO 2018**

Bibliografický záznam

Autor:	Tomáš Pavelka
	Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita
	Geografický ústav
Název práce:	Problematika popisu na mapách
Studijní program:	Geografie a kartografie
Studijní obor:	Geografická kartografie a geoinformatika
Vedoucí práce:	Mgr. Bc. Zdeněk Stachoň, Ph.D.
Akademický rok:	2018
Počet stran:	83
Klíčová slova:	Popis na mapách, Text na mapách, Eye-tracking, Kartografie, Kognitivní kartografie, Velikost písma, Čitelnost

Bibliografic Entry

Author:	Tomáš Pavelka
	Faculty of Science, Masaryk University
	Department of Geography
Title of Thesis:	Selected Issues of Texts on the Maps
Degree Programme:	Geography and cartography
Field of Study:	Geographic cartography and geoinformatics
Supervisor:	Mgr. Bc. Zdeněk Stachoň, Ph.D.
Academic Year:	2018
Number of Pages:	83
Keywords:	Map labelling, Text on maps, Eye-tracking, Cartography, Cognitive cartography, Font size, Readability

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou popisu na mapách. V rámci práce je řešen význam popisu jakožto součásti mapového pole, jeho role v procesu čtení mapy a vliv jednotlivých proměnných na proces vyhledávání. Dále jsou zkoumány konkrétní přístupy k řešení optimalizace proměnných popisu a to jak v rámci běžných studií, tak v rámci studií využívajících technologie eye-trackingu.

V druhé části práce je pak zpracován vlastní experiment pomocí technologie eye-trackingu. V rámci experimentu je pozorována řada faktorů a jevů, hlavní hypotézy se však týkají vlivu tvaru území na výsledky a vyhledávací strategie uživatelů a porovnáním efektivity proměnné velikost písma.

Abstract

Diploma thesis is focused on problematics of text on maps. Thesis is dealing with the importance of map labelling as part of map field, its role in the process of reading the map and the influence of the individual variables on the search process. Also specific approaches to optimizing the label variables are examined, both in ordinary studies and eye-tracking studies.

In the second part of the work, own eye-tracking experiment is executed. Several factors and phenomena are observed within the experiment, but the main hypotheses relate to the influence of the shape of the territory on the results and search strategies of the users and the comparison of the effectiveness of the variable font size.

Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Tomáš Pavelka**
Studijní program: **Geografie a kartografie**
Studijní obor: **Geografická kartografie a geoinformatika**

Ředitel Geografického ústavu Přírodovědecké fakulty MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje diplomovou práci s tématem:

Problematika popisu na mapách

Selected Issues of Texts on the Maps

Zásady pro vypracování:

Diplomová práce je zaměřena na problematiku popisu na mapách a jeho vliv na práci s mapovým obsahem. Primárním cílem je ověření role popisu v procesu čtení mapy a také ověření vlivu proměnných písma na efektivitu jeho využití a vyhledávání v mapovém obsahu. Zpracování práce předpokládá využití pokročilých metod umožňujících sběr dat o výkonu uživatelů při práci s mapou (metoda sledování pohybu očí - Eyetrackingu apod.). Na základě zjištěných dat budou na zvoleném příkladu stanoveny možnosti optimalizace popisu.

Rozsah grafických prací: podle potřeby

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam doporučené literatury:

PETERSON, G. N. GIS cartography : a guide to effective map design. CRC Press Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4200-8213-5.

POPELKA, S. Hodnocení 3D vizualizací v GIS s využitím sledování pohybu očí. Olomouc, 2015, ISBN: 978-80-244-4803-9, 167 s.

Jazyk závěrečné práce:	čeština
Vedoucí diplomové práce:	Mgr. Bc. Zdeněk Stachoň, Ph.D.
Podpis vedoucího práce:	.....
Datum zadání diplomové práce:	listopad 2015
Datum odevzdání diplomové práce:	3. května 2018

RNDr. Vladimír Herber, CSc.
pedagogický zástupce ředitele ústavu

Se zadáním diplomové práce souhlasím, jsem si vědom, že zadání práce je závazné.

Převzal: ..... *dne* .....

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Bc. Zdeňku Stachoňovi, Ph.D za odborné vedení, cenné rady, připomínky a trpělivost při tvorbě diplomové práce. Tato diplomová práce byla podpořena výzkumnou infrastrukturou HUME Lab Laboratoř pro experimentální humanitní vědy při Filozofické fakultě Masarykovy univerzity. Poděkování patří tedy také odborným pracovníkům v laboratoři HUME Lab za ochotu a rady ohledně experimentu.

Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za podporu v průběhu celého mého studia.

Při této příležitosti děkuji také mým přátelům a kamarádům – za podporu, radost, rozptýlení a inspiraci, které se ukázaly nedocenitelnými v rámci studia i mimo něj.

Zvláště pak děkuji dvaceti osmi z nich, kteří byli ochotni se v neuvěřitelně krátkém čase dobrovolně dostavit na testování, a mnoha dalším, kteří vyjádřili zájem se zúčastnit. Jste skvělí a jsem vděčný, že Vás mám kolem sebe.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Bc. Zdeňka Stachoně, Ph.D a s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Brno, 3. 5. 2018

.....

Tomáš Pavelka

OBSAH

1 ÚVOD 10
1.1 Cíle práce 10
1.2 Metodika 11
2 VÝZNAM POPISU NA MAPÁCH 12
2.1 Názory na popis na mapách 13
2.2 Zásady při práci s popisem 14
3 STUDIE PROBLEMATIKY POPISU NA MAPÁCH 17
3.1 Obecná studie problematiky popisu 17
3.2 Studie popisu se zaměřením na technologii eye-trackingu 23
3.3 Shrnutí rešeršní části 30
4 DODATEČNÁ REŠERŠE VYBRANÝCH TÉMAT 33
4.1 Velikost písma 33
4.2 Barva a vybrané barevné prostory 34
4.3 Metody eye-trackingu 35
5 PRAKTICKÁ ČÁST: HYPOTÉZY 39
5.1 Výchozí hypotézy experimentu 39
5.1.1 Hypotézy první části experimentu 39
5.1.2 Hypotézy druhé části experimentu 40
6 PRAKTICKÁ ČÁST: NÁVRH A PRŮBĚH EXPERIMENTU 41
6.1 Podnětový materiál 41
6.1.1 Podnětový materiál pro Hypotézu 1 42
6.1.2 Podnětový materiál pro Hypotézu 2 43
6.2 Použité programy, data a specifikace hardwaru 45
6.3 Struktura experimentu 46
6.4 Participanti 48
7 PRAKTICKÁ ČÁST: ANALÝZA DAT A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ 49
7.1 Předzpracování dat 49
7.2 Analýza statistických dat 51
7.2.1 Statistická analýza velikosti písma 54

7.2.2 Statistická analýza barevného rozdílu 58
7.3 Analýza trajektorie pohledu 61
7.4 Analýza dotazníků 70
7.5 Vyhodnocení hypotézy 1 73
7.6 Vyhodnocení hypotézy 2 75
7.7 Shrnutí experimentu 76
8 ZÁVĚR 78
9 ZDROJE 80
9.1 Publikace 80
9.2 Internetové zdroje 83

1 ÚVOD

Popis je již odedávna důležitou součástí map. Je totiž mimo jiné nositelem informace o jedné z obecně nejdůležitějších charakteristik míst a objektů – jejich jméně a identifikaci. K čemu by obyčejnému člověku byla mapa, když by z ní nedokázal jednoduše vyčíst, ve kterém z měst se nachází, do kterého míří a přes která se má vydat? Která z hor na mapě je ta, na kterou se rozhodl vylézt?

Mapy, jejich tvorba a pohled na ně se však stále vyvíjí. Díky jejich zvyšující se dostupnosti na internetu se tak staly součástí běžného dne obyčejného člověka v moderní společnosti. Zároveň dnes nejsou mapy zobrazovány pouze analogově, ale na obrazovkách řady různých digitálních zařízení, z nichž každé nese jiné vlastnosti a požadavky. S vývojem vizualizace map jako takových se pak samozřejmě vyvíjí i možnosti zobrazování popisu. Touto problematikou se tak stále zabývá řada výzkumníků.

Kromě map samotných se ale také objevují nové možnosti, jakými lze zkoumat jejich efektivitu, vhodnost a estetickou stránku. Jednou z těchto možností je například technologie eye-trackingu, díky které lze pozorovat konkrétní postupy uživatele při práci s mapou. Díky tomu pak můžeme zdokonalovat a uživatelsky přizpůsobovat nejrůznější vizualizace a uživatelská rozhraní.

1.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce bude provést souhrn informací zabývajících se problematikou popisu na mapách, včetně srovnání těchto informací mezi sebou a jejich kritickému zhodnocení. Popsat roli informace, kterou popis na mapách nese a doporučení jednotlivých proměnných. Dále pak na konkrétních příkladech uvést, jakým způsobem jsou charakteristiky popisu zkoumány. Hodnoceny budou také přínosy technologie eye-trackingu v rámci kognitivní kartografie.

Na základě rešerše pak bude provedeno testování. V rámci něj pomocí technologie eye-trackingu budou vyhodnoceny hypotézy zabývající se tématy velikostí písma a vlivem tvaru území. Podrobná analýza se bude věnovat také proměnné barevného rozdílu. V rámci řady různých analýz pak budou zjišťovány další poznatky, jako například strategie vyhledávání názvů účastníky.

1.2 Metodika

V práci je vycházeno především z anglicky psané literatury. Jedná se totiž o poměrně komplexní problematiku, široce popsanou zahraničními autory. Přesto se této problematice věnovalo i několik českých autorů, ze kterých bylo vybráno několik z nejvýznamnějších. Technologií eye-trackingu se pak v českém prostředí zabývá poměrně úzká skupina výzkumníků, především z Univerzity Palackého v Olomouci.

Informační zdroje pro tuto práci byly vyhledávány převážně na internetu v rámci databází článků. U každého zdroje pak byla posouzena jeho kvalita a relevance pro tuto práci.

Množství anglické literatury pak má vliv také na terminologii užívanou v rámci tohoto tématu. Zatím co u názvosloví ohledně popisu samotného se většinou české ekvivalenty dají vyhledat, u technologie eye-trackingu české překlady řady termínů neexistují. V rámci této práce tak byla snaha některé termíny v rámci konzistence přeložit. Například anglický pojem pro jednu z metrik, „scanpath speed“, byl v této práci přeložen jako „rychlost cesty pohledu“. U některých termínů však zůstaly zachovány anglické pojmy kvůli nenalezení vhodného českého ekvivalentu, popřípadě byly počeštěny (viz skloňování samotného pojmu eye-tracking). K tomu docházelo v případech, kdy byl případný český název významově zavádějící oproti původnímu, popřípadě když byl anglický termín snadno pochopitelný i v rámci českého jazyka.

Metodika a struktura experimentu bude popsána v kapitole 6.*3 Struktura experimentu*. Při analyzování a vyhodnocování výsledků je pak používán genderově neutrální pojem *účastník* pro muže i ženy.

2 VÝZNAM POPISU NA MAPÁCH

Popis na mapách je pro většinu lidí jejich neodmyslitelnou součástí. Mohli bychom jej definovat jako soubor všech slovních výrazů a písem v mapě. Usnadňuje čtení a orientaci v mapě a jeho správné sestavení je jedna z nejdůležitějších a časově nejnáročnějších činností při kartografické tvorbě. Například Plánka (2006) pak popis definuje poměrně široce, tedy jako soubor všech geografických názvů, zkratek, různých alfanumerických údajů a slovních doplňků v mapových polích hlavních a doplňkových map a ve všech jejich mezirámových prostorech, tj. mezi vnitřním a vnějším rámem mapy. Ve výrobním procesu mapy se za popis považují i všechny texty a alfanumerické znaky legendy a okraje mapové plochy.

Podle Plánky (2006) dále platí, že popis v mapovém poli má přísně lokalizační charakter, neboť velmi záleží na tom, v jaké poloze a v jakých souřadnicích je uveden. V ostatních částech plochy, včetně zadní strany mapy, mu přisuzujeme pouze informační charakter. V mapovém poli popis plní dvě základní funkce:

- funkci identifikační, kdy umožňuje pojmenováváním objektu, jevu nebo jeho charakteristik identifikaci
- funkci znakovou, tj. v případě, kdy je kromě pojmové identifikace také nositelem dalšího významu, který se projevuje například prostřednictvím velikosti, výšky, barvy nebo jiných atributů písma.

Mapy bez popisů se nazývají slepé (též němé nebo obrysové). Takové mapy slouží například pro studijní účely nebo při specifických aktivitách, jako například přespolní běh. V ostatních případech ale platí, že absence popisu, případně jeho chybná vizualizace, značně snižuje informační hodnotu, kvalitu a někdy i důvěryhodnost mapy. Kromě správné polohy je totiž právě popis důležitou součástí specifikace prvku. Pro příklad, turistická mapa bez popisu je pro běžné účely takřka nepoužitelná.

Popis, jakožto nezaměnitelný prvek, tedy usnadňuje čitelnost mapy. Jako takový však zabírá určitou část plochy, v závislosti na měřítku a účelu dané mapy. Podle Veverky a Zimové (2008) u topografických map středních měřítek se jedná o hodnotu kolem 5%, u přehledných map malých měřítek a bohatého obsahu 10% a více. Plánka (2006) pak uvádí hodnoty 5% u map velkých měřítek, a 15% u map měřítek malých. Vezmeme-li v úvahu, že za horní mez grafické zaplněnosti mapy je pokládáno 30% pro zachování její čitelnosti, můžeme vidět, že popis může tvořit až polovinu vlastního obsahu plochy mapy. Je proto potřeba s ním pracovat citlivě, aby nenarušoval kresbu a estetiku mapy.

2.1 Názory na popis na mapách

Velký význam popisu na mapách potvrzuje i mnoho autorů, kteří k němu mají zajímavé postřehy, názory a pohledy na něj. V této podkapitole tak zmiňuji některé z nich, se kterými jsem se v rámci psaní mé práce setkal:

Čapek (1992) uvádí, že písmo hraje mezi kartografickými vyjadřovacími prostředky velmi důležitou, zároveň však rozporuplnou úlohu. Na jedné straně je nezbytné pro popis v mapě, neboť u řady znázorněných geografických objektů musíme uvést jejich jména. Na druhé straně zabírá písmo příliš mnoho místa – na topografických a obecně geografických mapách zhruba stejně jako bodové a čárové značky a vede k nepřehlednosti mapy.

Popis je v mapovém obrazu prvkem nadstavbovým vůči grafickému zákresu mapových prvků, které charakterizuje jejich vlastními jmény, či různými kvantitativními nebo kvalitativními charakteristikami. Popisná a grafická složka mapy tvoří neoddělitelný celek (Veverka, Zimová, 2008).

Robinson (1995) říká, že někteří kartografové považují názvy v mapě za „nutné zlo“, protože zaplňují a komplikují zobrazení, a že pohled shora na zemi není názvy omezený. Na druhou stranu, mapy jsou tvořeny aby ukázaly kde věci jsou a k tomu je potřeba být schopný rozpoznat, co je co. Pouze člověk dobře seznámený s oblastí nepotřebuje k rozpoznání prvků v mapě názvy. Obecně tedy také považuje názvy v mapě za její důležité komponenty.

Fairbairn (1993) považuje text na mapě, specificky tedy popisky v mapovém poli, za čtvrtý typ symbolu, spolu s body, liniemi a plochami. Z tohoto zjištění pak vyvozuje, že by se na něj měla vztahovat jistá pravidla a mělo by se s ním do jisté míry pracovat jako s ostatními symboly.

Brewer (2005) pak přisuzuje dobře designovanému textu roli klíčového komponentu profesionálního vzhledu a srozumitelnosti mapy.

2.2 Zásady při práci s popisem

Při práci s popisem a jeho umísťování, které se většinou provádí nakonec tvorby mapy, je vhodné dodržovat určité zásady. Tyto zásady se týkají hlavně logického uspořádání popisů, jejich estetické stránky a řešení možných konfliktů. Právě kvůli konfliktům je velmi často nutné upravovat umístění popisů v mapě individuálně. Postupy a pravidly, které je vhodné dodržovat, se zabývá řada publikací a skript.

Z českých publikací je významný například Čapek (1992), který problematiku souhrnně zpracovává ve své publikaci *Geografická kartografie*. Tam říká, že hlavní snahou při umísťování popisu je, aby se dalo vždy jednoznačně určit, ke kterému objektu patří, a doporučuje následující pravidla:

1. Směr popisu – Popis má být čitelný pokud možno od dolního a pravého okraje stránky, co nejméně zleva. Hlavní směr popisu je u topografických map rovnoběžný s dolním okrajem mapy, u obecně geografických map s obrazy rovnoběžek. Popis v jiném než hlavním směru může být jednoduše zakřiven.
2. Zakrývání obsahu – Popis se umísťuje tak, aby jednotlivá jména nepřekrývala jiná jména ani jiný důležitý obsah. V případě kolize má popis přednost před ostatním obsahem.
3. Křížení – Popis nemá protínat pobřežní čáry a státní hranice. Žádoucí je i co nejmenší křížení vodních toků, důležitých komunikací a významných hřbetnic. Jména mezi sebou by se neměla křížit ani v pravém, ani v příliš ostrém úhlu a vždy by se měla lišit řezem, velikostí nebo barvou použitého písma.
4. Souvislost – Jména se do řádků nebo při křížení nedělí po slabikách, nýbrž jen po slovech. Mezery mezi písmeny téhož jména mají být stejné, písmena nesmějí být ani příliš nahloučená, ani zbytečně rozházená.

Dále uvádí, že konkrétní řešení popisu závisí na tvaru, velikosti a hustotě popisovaných objektů a detailněji se věnuje doporučením umístění popisů pro další aspekty, jako jednotlivě pro bodové, čárové a plošné znaky, nebo doporučení fontů písem a barev.

Zásadami při práci s popisem se zabývá také řada zahraničních publikací. Jedněmi z nejobsáhlejších, nejlépe popisujících problematiku a nejčastěji citovaných jsou *Elements of Cartography* od A. H. Robinsona (1995) nebo *Thematic Cartography and Geographic Visualization* od T. A. Slocuma (2005).

Robinson (1995) ve své práci uvádí následující doporučení:

1. Jména by měla být celá buď na souši, nebo na vodě.
2. Popis by měl být orientovaný shodně s orientací struktury mapy. U map velkých měřítek by měl být popis rovnoběžný s horním a dolním okrajem mapy, u malých měřítek pak rovnoběžný s rovnoběžkami.
3. Popis by neměl být zakřivený, pokud to není nutné.
4. Popis orientovaný neshodně se strukturou (viz pravidlo 2) by měl být zakřivený, ne přímka.
5. Rozestup písma (rozpal) by měl být co nejmenší.
6. V případě konfliktu mezi popisem a jiným obsahem mapy (například podkladem) by neměla být přerušena jména, ale právě jiný mapový obsah.
7. Popis by nikdy neměl být vzhůru nohama.

Velmi obsáhle se problematikou zabývá také T. A. Slocum (2005). V jeho práci můžeme nalézt následující všeobecné zásady a doporučení:

1. Autor by se měl vyhnout používání ozdobných typů písma a italiku a tučné písmo používat šetrně. Na místo toho je vhodné dávat přednost více praktickým písmům, jelikož ozdobná písma mohou způsobit zastínění jiných, důležitějších elementů mapy. Italiku je pak všeobecně vhodné na mapě použít pouze ve dvou případech – u hydrografie, a u názvů publikací v tiráži. Při vizualizaci velkého množství různých prvků však může nastat nutnost použít jak italiku, tak tučné písmo i v dalších případech.
2. Autor by neměl na jedné mapě použít více jak dvě rodiny písma. Pro jednoduché mapy by měla stačit rodina jedna, v případě nutnosti použití dvou rodin by měly být vybrány rodiny co nejodlišnější a každá použita pro jiné kategorie objektů (například jedna pro kulturní a druhá pro přírodní prvky).
3. Měla by být dodržena nejmenší čitelná velikost písma. Faktory ovlivňující tuto hodnotu jsou například věk čtenáře mapy nebo metoda reprodukce mapy.
4. Velikost popisu by měla všeobecně korespondovat s velikostí nebo důležitostí znázorňovaného objektu. Velikost mezi dvěma písmy by však měla být minimálně 2 body.
5. Autor by měl kriticky hodnotit používané specifika popisu, jako například rodinu písma, styl, velikost nebo rozpal. Není vhodné pouze pasivně používat základní

nastavení nabízené daným softwarem, naopak je důležité se zamyslet nad účelem a kontextem mapy a vybírat specifika na základě toho.

6. Veškerý popis by měl být zkontrolován. Kromě gramatických chyb je vhodné zkontrolovat například i jména objektů samotná, jelikož se jejich názvy mohou měnit v čase.

Poměrně komplexní analýzu této problematiky a různých situací, které mohou u popisu nastat, popisuje také například v práci *Automated cartographic text placement* H. Freeman (2004). Další pohled na doporučení můžeme najít také například u Imhofa (1975) v práci *Positioning Names on Maps*.

3 STUDIE PROBLEMATIKY POPISU NA MAPÁCH

Jak bylo již poznamenáno výše, popis je jednou z klíčových součástí většiny map. Jako takovým se jím tedy, samozřejmě, zabývá řada prací a studií. Popis má řadu vlastností a parametrů které lze zkoumat a zjišťovat tak jejich optimální hodnoty a stavy pro nejefektivnější vyhledávání, orientaci v mapě, či další požadované cíle. Předmětem zkoumání může být například potvrzování či vyvracení zásad při práci s popisem uvedených v kapitole 2.2 *Zásady při práci s popisem*, zjišťování doporučených hodnot jednotlivých parametrů v různých kontextech mapy, nebo efektivita různých typů popisu u specifických map.

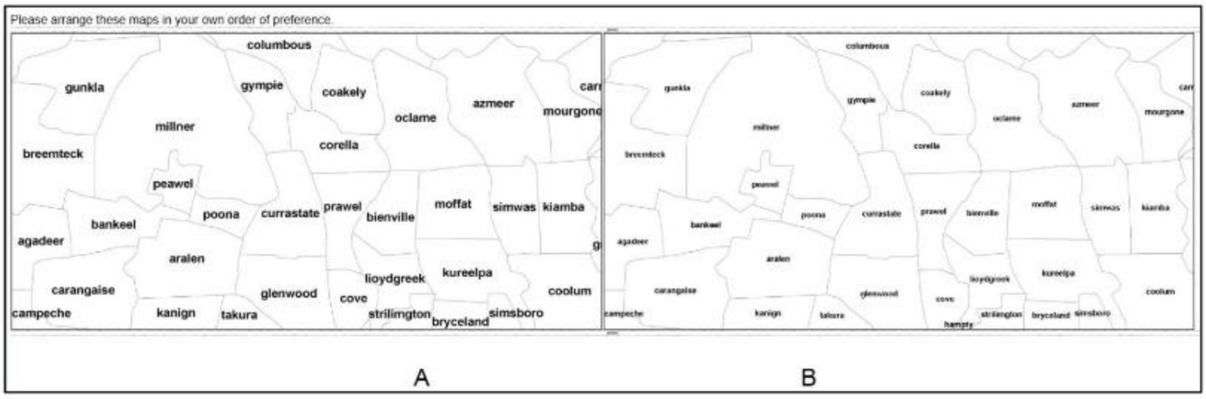
Zvláštní podkapitola je pak věnována studiím popisu za pomoci technologie eye-trackingu. Data naměřená pomocí této technologie se ukázala jako velmi přínosná. Analýzou získaných dat lze podrobně popsat chování uživatelů, díky čemuž lze identifikovat konkrétní prvky, kterými lze zefektivnit vyhledávání názvů, identifikovat trendy ve vyhledávacích strategiích uživatelů a další kognitivní jevy.

3.1 Obecná studie problematiky popisu

Jednou ze základních vlastností písma je jeho velikost. Pravděpodobně nejčastějším typografickým rozhodováním kartografa je, jakou výšku a sílu písma použít. Při rozhodování pak většinou záleží na velikosti a významu objektu a na ploše, která má být zaplněna. Zároveň by zvolené písmo mělo respektovat design a obsah mapy. Právě zvolená velikost písma bývá u map často kritizována, jelikož mnoho kartografů přecení schopnost oka přečíst malé názvy proti pozadím zaplněným grafickými symboly (Robinson, 1995).

Všechny výše popsané práce doporučovanou konkrétní velikost písma na mapách buď nezdůvodňují vůbec, nebo pouze velmi obecně teoreticky. Objevuje se však i mnoho studií, které se velikostí zaobírají na konkrétních experimentech. Jednou z takových prací, ukazující možný přístup k experimentům s touto problematikou, je například *Label size design: Aesthetics and efficiency* od Deeb, Ooms a Maeyera (2012). Předmětem experimentu bylo hodnocení efektivity map z hlediska velikosti písma. Pro jednotlivé mapy byly použity velikosti písma 8, 10, 12 a 14 bodů a font Arial. Zároveň byly vytvořeny varianty s normálním a tučným písmem. Všechny názvy byly psány minuskulemi. Kvůli snížení dalších vlivů na uživatele měly mapy jednoduchý design, tedy pouze hranice polygonů a jejich názvy. Experimentu se zúčastnilo sto respondentů, kdy každý z nich vyplňoval test

skládající se z šestnácti map. V první části experimentu byla hodnocena estetická stránka map, kdy si každou z šestnácti map, se kterými účastníci později pracovali, vybrali ze dvou navrhovaných tu, kterou esteticky preferovali. Příklad designu první části tohoto experimentu můžeme vidět na obrázku 1. Ve druhé části pak byla zjišťována efektivita, měřená jako reakční čas mezi vybráním mapy a nalezením požadovaného názvu.



Obr. 1. Příklad designu první části experimentu (velikost 12b a 8b).

Zdroj: Deeb, Ooms, De Maeyer (2012)

Z výsledků bylo zjištěno, že u velikosti písma 8 bodů nebyla zjištěna výrazná preference ani jedné z variant. U velikostí 10, 12 a 14 bodů však respondenti preferovali normální písmo před tučným. Analýza dat reakčního času však měla výsledky opačné, jelikož u všech velikostí písma byl název vyhledán rychleji při použití písma tučného. U písem normální tloušťky byl nejnižší reakční čas zjištěn u velikosti 12 bodů, nejvyšší pak u 8 a 10 bodů. U tučných písem dosáhly písma velikosti 10, 12 a 14 bodů velmi podobných výsledků. Zajímavé u tučných písem je, že zatímco jejich preference se stoupající velikostí písma klesá, jejich efektivita naopak roste. Celkově se tedy jako dohromady nejefektivnější a nejestetičtější ukázala u normálního písma velikost 12 bodů, u tučného pak velikosti 10 a 12 bodů (Deeb, Ooms, De Maeyer, 2012). Rychlejší vyhledávání respondenty při použití tučného písma, stejně jako při použití většího písma, byla potvrzena i v další studii (Deeb, Ooms, Vanopbroeke, De Maeyer, 2014). Avšak považuji za podstatné podotknout, že design experimentu, kdy byla zaplněnost mapy poměrně malá, mohl mít vliv na výsledky. V případě větší zaplněnosti mapy jinými druhy informací by pak tučné písmo mohlo naopak působit v kontextu ostatních prvků rušivě.

Peterson (2009) ve své práci diskutuje použití velkých a malých písmen. V závěru pak doporučuje používání písmen malých, jakožto lépe čitelných. Jejich různá výška totiž

vede k unikátnímu a lehce rozpoznatelnému tvaru každého písmene, zatímco jednotně vysoká velká písmena s univerzálnějšími tvary se čtou hůře.

Barva písma se obecně doporučuje černá, nebo asociativně ve vztahu ke kategorii popisu. Některé asociace jsou při běžném použití v mapách ustáleny a není vhodné tuto konvenci porušovat. Modrá se například používá pro vodstvo, zelená pro vegetaci, hnědá pro vrstevnice a výškopis a červenou je vhodné použít pro významné objekty. Například v geologických mapách je pak dokonce význam barvy předepsán mezinárodní dohodou (Čapek, 1992). Voženílek, Kaňok a kol. (2011) doplňují, že při popisu abstraktních pojmů na mapě (průměr, podíl, index) se volí barva jejich popisu podle zásad psychologického působení barev. Podle Phillipse a Noyes (1977), je černý popis na bílém pozadí čitelný z větší dálky (cca o 15 %), než bílý popis na černém pozadí.

Jedinou komplexnější studií zabývající se barvou textu na mapách ve vztahu k jeho pozadí je *An Empirical User Study for Measuring the Influence of Colour Distance and Font Size in Map Reading Using Eye Tracking* od Brychtové a Coltekin (2016) využívající metodu eye-tracking, jejíž průběh a výsledky jsou popsány níže v kapitole *5.2 Studie popisu se zaměřením na technologii eye-trackingu* a dále v praktické části diplomové práce. Existuje však řada studií zabývajících se vztahem mezi barvami na mapě obecně, především pak kontrastem mezi nimi. Jsou jimi například *Evaluation of a Model for Predicting Simultaneous Contrast on Color Maps* od Brewer (1997), *Color Sequences for Univariate Maps: Theory, Experiments, and Principles* od Warea (1988) a mnoho dalších. Přestože výsledky těchto studií nejsou aplikovatelné na problematiku popisu na mapách kompletně, některé jejich dílčí výsledky jsou i pro toto téma důležité. Jelikož při vnímání rozdílu barev, jejich hranic a především kontrastu, záleží z velké části i na konkrétních vlastnostech barev a jejich samotném smyslovém vnímání oka a mozku. Nezáleží tedy na tom, jestli tyto barvy znázorňují bod, linii, plochu nebo text, v konečném důsledku se ve všech těchto případech jedná o část mapy zaplněnou určitou barvou. V takovém případě je tedy nutno brát v potaz charakteristiky těchto barev a vztahy mezi nimi, především v důsledcích na čitelnost a rozpoznávací schopnost jednotlivých prvků.

Dalším častým problémem u textu je jeho umístění. Při umísťování textu do mapy je v první řadě důležité, aby se jednotlivé názvy nepřekrývaly, dále je vhodné následovat doporučení popsané výše v části *2.2 Zásady při práci s popisem*. Existuje spousta dalších specifických pravidel co se umístění popisu týče, kdy například u řek umístění názvu značí směr toku, nebo u bodových znaků konvenční preference pozice textu vůči bodu samotnému. Umístění se tak stává poměrně komplexní a složitou záležitostí. Úpravu popisu lze samozřejmě vždy provést manuálně, avšak v takovém případě by se v mnoha případech jednalo o časově velmi náročný postup. Proto se výzkumníci neustále snaží zdokonalovat

algoritmy, které jsou schopny popis co nejoptimálněji umísťovat podle všech zásad a doporučení.

Detailněji můžeme zásady a doporučení umístění popisu, jak obecné, tak specifické pro bodové, liniové a plošné prvky, najít například v již výše zmíněných pracích *Thematic Cartography and Geographic Visualization* (Slocum, 2005), *Elements of Cartography* (Robinson, 1995) a dalších, z českých pak například *Geografická kartografie* (Čapek, 1992). Podrobněji jsem se však jednotlivé zásady a doporučení rozhodl nepopisovat, vzhledem ke komplexnosti této problematiky, obecné známosti, relevanci pro tuto práci a dostatečné rešerši ve zmíněných studiích.

Jak již bylo řečeno, při práci s GIS jsou zodpovědné za automatické umísťování popisků algoritmy. Ty mohou fungovat na rozdílných principech, v základu jsou však většinou nastaveny právě podle výše zmíněných zásad. Různé problémy této problematiky popisuje ve své práci například Imhof (1975) a později Freeman (2004). Za zmínku stojí především fakt, že přestože v rámci jedné vrstvy lze popis v mapě umístit relativně jednoduše, v případě překryvu více vrstev se umístění musí upravovat tak, aby byl text stále čitelný a zároveň jednoznačně přiřaditelný svému prvku, což celý proces může značně komplikovat (Freeman, 2004).

Základní logiku automatického umísťování popisu, podle které se první algoritmy řídily, můžeme najít v práci *The Logic of Automated Map Lettering* (Yoeli, 1972). Tento deterministický přístup pracuje na základě preferencí, kdy text přesouvá na nejlepší pozici od pozice s nejvyšší k nejnižší preferenci až do chvíle, kdy nedochází k překryvu. Pokud text nelze v rámci algoritmu umístit automaticky, musí být přiřazen manuálně (Marks, Shieber, 1991). Podobný, avšak nedeterministický algoritmus (tedy bez nutnosti manuálního umístění v případě neshody s žádnou pozicí) vytvořil Jones (1989), který popisuje v práci *Cartographic Name Placement*. Vlastní algoritmus vypracovali například i Ahn a Freeman (1984), Kakoulis a Tollis (2003) nebo Marks a Shieber (1991), který byl později zdokonalen pro lepší výsledky (Edmondson, Christensen, Marks, Shieber, 1996) a další.

Algoritmus určující pozice názvů na dynamických mapách prezentují například Petzold a kol. (2003) v práci *Fast Screen Map Labeling – Data-Structures And Algorithms*. Algoritmus na dynamických, uživateli obsluhovaných mapách, musí splňovat některé podmínky odlišné od map stacionárních. Například názvy musí být generovány plně automaticky vzhledem ke specifické velikosti zobrazovaného území, samozřejmě bez dodatečné úpravy kartografa. Zároveň je prioritní potřebou nejvhodnější pozice určovat velmi rychle, v potaz autoři brali i minimalizaci ztráty informací. Optimalizace takovýchto algoritmů je velmi důležitá, jelikož například při prohlížení map na mobilních zařízeních

uživatelé často mění zobrazované území, které je navíc vizualizováno na poměrně malé ploše displeje a zároveň musejí být popisy objektů stále dobře čitelné.

Další zajímavé a relativně netradiční studie jsou *Typography in the Eyes of Bertin, Gender and Expertise Variation* (Deeb a kol., 2011) a práce stejných autorů na ni navazující. Zde autoři využívají různých vlastností písma, klasifikovaných podle Bertinových proměnných. Z těch byly ve studii zkoumány velikost, tvar, textura a orientace. Barva a sytost byly zavrhnuty, jelikož by docházelo ke zkreslení výsledkům interakcí s bílým pozadím. Předpoklad aplikace Bertinovi klasifikace na popis vychází z tvrzení Fairbairna (1993), že text na mapě je čtvrtým typem symbolu a na jako takový na něj lze vztahovat pravidla symbolů ostatních. Příklady jednotlivých Bertinových proměnných aplikovaných na text můžeme vidět v tabulce 1.

Tab. 1. Příklady Bertinových proměnných v textu

Proměnná	Příklady		
Velikost	Kartografie	Kartografie	Kartografie
	Kartografie	**Kartografie**	**Kartografie**
Sytost	Kartografie	Kartografie	Kartografie
Textura (v rámci slova)	Kartografie	Kartografie	Kartografie
Textura (v rámci skupiny slov)	KARTOGRAFIE	Kartografie	kartografie
Barva	Kartografie	Kartografie	Kartografie
Orientace	Kartografie	*Kartografie*	Kartografie
Tvar	Kartografie	Kartografie	Kartografie

Zkoumání těchto proměnných však není pouze za účelem jejich optimalizace, ale také ke zkoumání samotných uživatelů, tedy zjišťování významnosti rozdílů mezi muži a ženami, a mezi experty a non-experty. Je totiž důležité vědět nejen co je na mapě, ale i co za čtenáře s nimi pracuje. Je sice pravda, že například orientace textu je většinou dána neměnnými pravidly, kterými se kartograf při tvorbě mapy musí řídit primárně a bez ohledu

na jakékoli studie, přesto však v tomto případě považuji za zajímavé a důležité znát případné rozlišnosti ve vnímání různými skupinami uživatelů. Autoři zde tedy zaujali opačný postoj oproti absolutní většině ostatních prací. Na rozdíl od této většiny, kde čtenáři slouží jako prostředník ke zkoumání textu na mapách, zde slouží tyto mapy i ke zkoumání čtenářů samotných.

Zkoumána byla v tomto případě preference uživatelů. Z velikostí písem 8, 10, 12 a 14 vyšla jakožto nejvíce preferovaná velikost 10, následována velikostí 8. Dle mého názoru však tento výsledek může být do značné mír ovlivněn velikostí ploch, kterým názvy náležely, kdy tyto plochy byly relativně malé a náplň mapy tedy poměrně velká. Zároveň názvy v některých případech přesahovaly hranice polygonů. Na druhou stranu, 60% uživatelů preferovalo tučné písmo a to jak u patkového, tak bezpatkového písma. Z fontů dosahovaly nejlepších výsledků formálnější fonty (oproti například historickým), spíše patkové a s průměrným rozpalem. Poměrně nepřekvapivě byly preferovány popisky s horizontálním směrem. Z hlediska expertízy, z celkové poměrně komplexní studie, se ukázaly jako statisticky významné pouze tři výsledky. Ve dvou z nich se jednalo u expertů o poměrově větší preferenci bezpatkových písem oproti patkovým, kdy u non-expertů nebyl tento rozdíl tak významný. Při porovnávání mužů a žen došlo ke čtyřem statisticky významným rozdílům, kdy například v případě názvu velkými písmeny větší zastoupení mužů preferovalo font Arial, zatímco ženy Times New Roman. Dále při použití ztluštělého fontu Arial byla preference velikosti fontu 10 oproti velikosti 14 u žen vyšší než u mužů. U většiny zkoumaných charakteristik však ke statistické významnosti nedošlo (Deeb a kol., 2011). Avšak osobně považuji jak výše popsané, tak hlavně ostatní zde nezmíněné konkrétní rozdíly za velmi specifické a velmi obtížně aplikovatelné do jakéhokoli širšího kontextu.

Podobnou studii porovnávající uživatele s různou mírou expertízy a na základě pohlaví autoři zopakovali v roce 2014. V kontextu expertízy však považuji za podstatné podotknout, že průměrný věk non-expertů byl 16,4 let, expertů pak 29,5 let, což může mít významný dopad na výsledky těchto skupin a rozdíly mezi nimi. V této studii u tučného písma velikosti 12 ženy vyhledávaly rychleji než muži, naopak muži byli statisticky rychlejší u normálního písma velikosti 14. Experti v případě písma velikosti 12 dokázali vyhledávat daleko rychleji než non-experti, zatímco u velikosti 8 tomu bylo naopak. Jediným společným trendem bylo, že všechny skupiny dosahovaly lepších výsledků u tučného písma oproti normálnímu, čímž byla mimo jiné i potvrzena preference z předchozí studie. V ostatních proměnných písma se trendy v efektivitě v rámci skupin lišily. Při porovnání patkových a bezpatkových fontů se ukázal jediný významný rozdíl mezi rychleji vyhledávajícími experty oproti non-expertům u bezpatkového fontu Arial. Co se orientace týče, u horizontálních názvů byly ženy schopny vyhledávat o skoro třetinu rychleji než muži, kteří

byli naopak efektivnější u názvů nakloněných. U nakloněných názvů byl rozdíl také u expertízy, kde non-experti vyhledávali podstatně rychleji než experti (Deeb a kol., 2014).

Přestože tuto studii považuji za relativně kvalitní, dle mého názoru by bylo vhodné zjištěné rozdílnosti dále detailněji studovat a potvrdit či vyvrátit existenci trendů. Například poměrně významný rozdíl mezi muži a ženami při horizontálně orientovaném směru popisu. V naprosté většině studií je totiž popis automaticky orientován právě horizontálně. Zároveň je však v řadě z nich explicitně uvedeno, že k významným rozdílům mezi těmito skupinami nedochází. Proto si myslím, že v tomto případě byla rozdílnost způsobena buď jinými vlivy v rámci studie, nebo se jednalo o chybu dat vzniklou malým či chybným vzorkem respondentů.

Rozdíly v čitelnosti patkových a bezpatkových písem zkoumali dále například Arditi a Cho (2005). Z výsledků jejich studie vyplívá, že mezi patkovými a bezpatkovými písmy statisticky významný rozdíl v čitelnosti není. U patkových písem byl ovšem zjištěn trend, kdy se jejich efektivita zvyšovala se zvětšujícím se rozpalem.

3.2 Studie popisu se zaměřením na technologii eye-trackingu

V rámci kartografie bylo provedeno již značné množství studií a experimentů používajících technologií eye-trackingu. Jeho všeobecným využitím v tomto oboru jsem se podrobněji zabýval již v mé bakalářské práci. Stejně tak bylo mnoho studií využívajících tuto technologii provedeno na písmo a typografii.

Na úvod považuji za důležité zmínit dva faktory, kterými se experimenty za použití technologie eye-trackingu liší od experimentů obecných, zmíněných v předešlé kapitole. Prvním z nich jsou samozřejmě specifická data získaná touto technologií. Můžeme ale vidět také významný rozdíl v počtu respondentů. V případě experimentů využívajících technologii eye-trackingu se počet respondentů běžně pohybuje okolo třiceti, u rozsáhlejších studií pak maximálně padesáti respondentů. Tento počet je způsoben především náročnější technickou přípravou eye-trackerů, jako je správná kalibrace, ale také například časovou náročností, jelikož při práci s eye-trackingem je počet účastníků plnící daný experiment v jeden čas omezen počtem eye-trackerů, většinou tedy na jeden. U ostatních experimentů nevyužívajících tuto technologii je pak většinou počet respondentů omezen pouze počtem počítačů na kterých lze testování provádět. V případě internetu pak nejsou omezení počtu takřka žádná. Dále je důležité podotknout, že vzhledem k povaze eye-trackingu je naprostá většina studií spjata s prací na obrazovce, byť to teoreticky není nutná podmínka.

V typografii všeobecně, tedy nikoli pouze na mapách, lze nalézt spoustu příkladů zabývajících se písmem z různých úhlů pohledu. Většinou se však jedná o porovnání a vliv různých fontů a typů písma na čitelnost. Můžeme tak najít například studii zkoumající vliv velikosti a typu písma (patkové a bezpatkové) na čtení online (Beymer, Russell, Orton, 2008), kdy zde pojem online (dle mého názoru nesprávně) značí čtení na obrazovce. Porovnáním patkového a bezpatkového písma v textu se zabývá také například Josephson (2008). Vhodné fonty pro lidi s dyslexií ve své práci zjišťovali Rello, Baeza-Yates (2013). Pomocí eye-trackingu se však samozřejmě nezkoumá typografie pouze latinkového písma. Velmi zajímavou je například rozsáhlá studie zabývající se mezerami mezi znaky v čínsky psaném textu, konkrétně pak porovnání v jejich vnímání lidmi, kteří mají čínštinu jako mateřský jazyk a lidmi, kteří se ji učili až jako další jazyz (Everson, 1986). Čitelností arabských fontů se pak zabývali například Al-Wabil a George (2010). Touto částí typografie se zde však nebudu zabývat do podrobností, jelikož detailní výsledky těchto studií nejsou relevantní pro tuto práci.

Studie zaměřující se na typografii v kartografii, tedy na text na mapách, se do značné části zabývají podobnými problémy, jako studie o typografii obecně. Objevují se zde tedy témata jako velikost použitého písma, jeho barva, výběr fontu, vhodnost či nevhodnost patkových a bezpatkových písem a podobně. V rámci všeobecné typografie se však jednalo o písmo v rámci jednotného textu, a právě v tomto bodě se písmo na mapách odlišuje. Písmo na mapách tvoří pouze jeden z informačních prvků, kdy doplňuje informace ostatní, a jako takový je samozřejmě musí doplňovat i graficky. Vzhledem k v podstatě na první pohled náhodného rozmístění textu samotného se tedy nezkoumá čitelnost ve smyslu plynulosti, ale čitelnost v kontextu ostatních prvků mapy. Pravděpodobně nejdůležitější úlohou popisu je identifikace objektů a jevů na map a tedy i jejich vyhledávání. Efektivita tohoto vyhledávání, například jeho rychlost nebo přesnost, je dalším příkladem, který lze pomocí eye-trackingu studovat. Tato a další témata budou popisována v následující části diplomové práce. Některé experimenty budou popsány podrobněji, jakožto příklady postupů a výsledků při práci s eye-trackingem. Níže zmíněné studie jsou zároveň studiemi kartografickými, popisem v nich zmíněným se tedy myslí popis na mapách.

Zajímavou a poměrně komplexní studií zabývající se čitelností map, konkrétně velikostí použitého písma a jeho barevným kontrastem vůči pozadí, je například práce *An Empirical User Study for Measuring the Influence of Colour Distance and Font Size in Map Reading Using Eye Tracking* od Brychtové a Coltekin (2016). Padesát respondentů zde mělo za úkol vyhledávat požadované názvy na mapách administrativních jednotek států USA. Konkrétně se jednalo o státy Arizona, Nevada, Maine, New Jersey a Wyoming. Byly zvoleny tři velikosti písma – 8b, 11b a 14b. Pozadí bylo zvoleno zelené barvy, přičemž bylo

použito pět různých úrovní jasu, tedy pět různých barevných rozdílů mezi černým písmem a pozadím. Podkladová data můžeme vidět na obrázku 2.

Zjišťována byla efektivita map a spokojenost respondentů s nimi. Efektivita byla hodnocena na základě rychlosti a přesnosti odpovědí. V rámci dat získaných eye-trackingem pak byl zjišťován počet fixací, délka fixací, cesta pohledu, rychlost cesty pohledu (počet prohledaných pixelů za sekundu) a také oblasti zájmu.

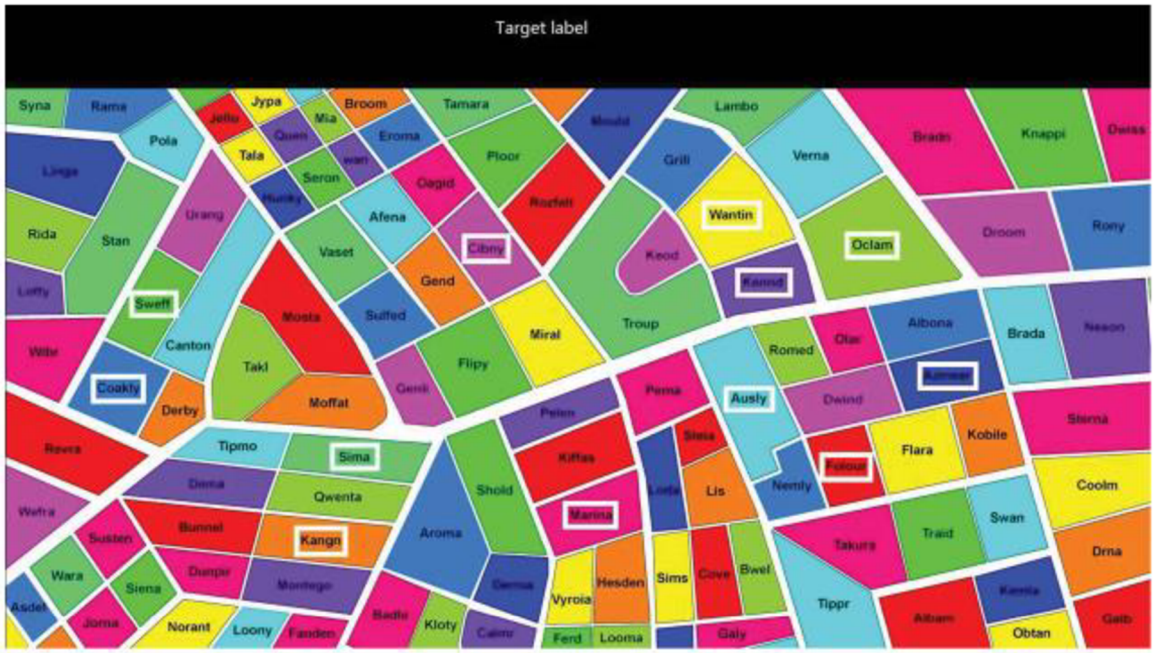
Obr. 2. Podkladová data k experimentu v práci Brychtové a Coltekin (2016)

Zdroj: Brychtová, Coltekin, 2016

Z velikostí písma se ukázala jako nejefektivnější velikost 11b, kdy byli uživatelé schopni naleznout požadovaný název nejrychleji a zároveň dosahovali nejlepších výsledků (nejnižších hodnot) při analýze rychlosti cesty pohledu. To znamená, že k nalezení výsledku potřebovali prozkoumat menší množství informací, než u zbylých možností. U velikost 8b pak uživatelé dosahovali o trochu lepších výsledků než u velikosti 14b, tento rozdíl však nebyl statisticky významný. Co se vzdáleností barev týče, bylo očekávatelně zjištěno, že při největším kontrastu bylo vyhledávání rychlejší (mediánová hodnota 3,5 s), při nejmenším rozdílu barev pak nejpomalejší (medián 4,5 s). Všichni respondenti na všechny otázky odpověděli správně. Lze tedy dojít k závěru, že rozdíl barev tedy sice nesnižuje přesnost výsledku, avšak se snižujícím se barevným rozdílem prodlužuje dobu k jeho nalezení. Při analýze oblastí zájmu autoři zjistili, že respondenti byli schopni velmi rychle vyhodnotit nesprávný název, v oblasti správného názvu však strávili pohledem průměrně o více jak sekundu. Autoři také uvádí, že výsledky velikosti písma a vzdálenosti barvy spolu příliš neinteragují (Brychtová, Coltekin, 2016).

Autoři ve studii zmiňují, že i nejnižší použitá vzdálenost barev je daleko vyšší, než tak zvaný „sotva postřehnutelný rozdíl“, a nejmenší použité písmo je stále dostatečně čitelné a stále se používá na mapách jistých měřítek, a doporučují tuto tématiku dále zkoumat.

Brychtová se, spolu s dalšími autory, účastnila i studie na podobné téma využívající eye-tracking, probíhající na univerzitě v belgickém Ghentu. Tato studie se zabývala vztahem mezi barvou písma a barvou pozadí. V tomto případě byly předmětem experimentu mapy tvořené polygony různé barvy (celkem dvanáct odlišných odstínů). Pro popis byly zvoleny dva styly – pro část map byla pro popis zvolena barva doplňková k barvě daného polygonu, pro zbytek map pak byly všechny názvy barvou černou. Příklad mapy s černým popisem můžeme vidět na obrázku 3. Z výsledků pak bylo zjištěno, že v případě použití doplňkových barev písma a pozadí docházelo k o něco horší čitelnosti než při písmu černém, tento rozdíl však nebyl statisticky významný. V dotazníku vyplňovaném v závěru experimentu však design s černým písmem preferovalo dvacet osm z třiceti jedna respondentů. Jakožto kombinace barev s nejhoršími výsledky se ve všech testech ukázala kombinace barvy růže (rose; HSV h = 330°) a jarní zelené (spring green; HSV h = 150°). Při analýze dat délky fixací a počtu fixací za sekundu dosahoval horších výsledků také černý popis na chartreuse zelené (chartreuse green; HSV h = 90°). Dále byla zjištěna negativní korelace mezi reakčním časem a vzdáleností barev, tzn. čím větší kontrast, tím rychleji byli schopni respondenti správně odpovědět. Mezi počtem fixací za sekundu a vzdáleností barev pak byla zjištěna naopak pozitivní korelace, potvrzující předchozí hypotézu horší čitelnosti při menší vzdálenosti barev, což potvrdilo i výsledky z předchozí studie. Data získaná z experimentu neukázala žádný rozdíl mezi výsledky mužů a žen, ani mezi lidmi s kartografickou zkušeností a bez ní (Deeb, Ooms, Brychtová, Van Eetvelde, De Maeyer, 2015).



Obr. 3. Příklad mapy v experimentu od Deeb, Ooms, Brychtové, Van Eetvelde a De Maeyera.

Zdroj: Deeb, Ooms, Brychtová, Van Eetvelde, De Maeyer (2015)

Druhou zkoumanou proměnnou popisu ve výše zmíněné studii Brychtové a Coltekin (2016) byla velikost písma. Velikost písma u popisu lze změnit několika způsoby. Prvním, který byl použit mj. v oné studii, je změna velikosti fontu. Druhým způsobem, jak písmo zvětšit, a tudíž zvětšit i jeho důležitost, je písmo zobrazit tučné. Třetím způsobem je pak použití velkých písem, tzv. majuskulí nebo verzálek, popřípadě naopak písmen malých, tzv. minuskulí (Deeb a kol., 2012). Přímo samotnou velikostí písma na mapách se však za použití eye-trackingu mnoho prací nezabývá. Kromě zmíněné Brychtové a Coltekin (2016), kde se jedná o méně významnou a analyzovanou část studie, můžeme najít hodnocení popisu z hlediska jeho velikosti také jako součást práce *Eye-tracking methods for investigation of cartographic principles* (Brychtová, Popelka, Dobešová, 2012).

Užitečnou se technologie eye-trackingu ukázala při zkoumání práce uživatelů s dynamickými a interaktivními mapami a vyhledáváním v nich. U těchto map se zkoumá především automatické umísťování popisu, jelikož se jeho poloha může měnit a přepočítávat s každou interakcí a zároveň má poloha popisu velký vliv na kvalitu a schopnost vyhledávání na mapě. Většina výzkumníků se tak snažila nalézt co nejrychlejší a prostorově nejkorektnější algoritmus, pohled samotného uživatele však byl po dlouhou dobu přehlížen (Ooms, 2008). Touto problematikou se mimo jiné zabývala v několika studiích Kristien Ooms z univerzity v Ghentu se svými kolegy. Autorka se zaměřovala na principy fungování

různých algoritmů. Jakožto hlavní problém vyhodnotila, že mnoho algoritmů po změně části (částečném posunutí) zobrazované plochy automaticky přepočítala polohu všech popisků, přestože mnoho z objektů zůstalo zachovaných – změnila se tedy relativní pozice popisků vůči objektům, které reprezentovali. Změna polohy většího množství popisků tak vedla ke zmatení uživatelů, zhoršení rekonstrukce relativní pozice objektů, a tedy ke zhoršení schopnosti uživatele vyznat se v dané mapě (Ooms, 2008). V práci *Dynamic map labeling for users* (2009) spolu s dalšími autory zkoumala za pomoci eye-trackingu efektivitu metody neměnící pozici popisků, které v rámci posunutí obrazu zůstaly zachovány. Tato metoda se ukázala jako velmi efektivní jak z hlediska analýzy dat, tak z následného subjektivního hodnocení uživateli (Ooms, Kellens, Fack, 2009). Ve své další studii autorka porovnávala tuto metodu (beze změny relativní pozice zachovalých popisků) s mapami využívajícími algoritmus měnící relativní polohu popisků všech. Výsledky této studie se však neshodovaly s teoretickým základem získaným předchozími studiemi. Mezi metodami totiž nebyl zjištěn jakýkoli rozdíl – ani při analýze reakčních časů, ani při analýze počtu fixací a jejich trvání a ani při analýze cest pohledu. Všichni respondenti v dotazníku vyplňovaném na závěru experimentu dokonce uvedli, že si odlišných metod v průběhu experimentu ani nevšimli. Autoři však uvádí (a osobně s nimi souhlasím a považuji to za částečný problém u většiny studií), že tento výsledek byl pravděpodobně zapříčiněn charakterem studie. Zkoumané mapy totiž obsahovaly pouze poměrně řídce rozmístěné body s popisy na nevýrazném pozadí, byť rozděleném do třech částí s pastelovými barvami různého odstínu. Změna relativní pozice popisku tedy nezpůsobovala žádné problémy nebo zmatení. Zajímavější by tato studie byla na mapě s komplexnějším pozadím nebo s větším počtem popisků, například v prostředí uliční sítě nebo topografické mapy. Tato studie však kromě výsledků byla přínosná také komplexní rešerší používaných algoritmů (Ooms, De Maeyer, Fack, Van Assche, Witlox, 2012).

Je vhodné také podotknout, že většina studií zaznamenávala kromě svého hlavního tématu i pohlaví respondentů a velmi často byli respondenti také rovnoměrně rozděleni na tzv. experty a non-experty. V absolutní většině však autoři došli k závěru, že mezi muži a ženami v rámci čtení mapy nedochází k významným odlišnostem, stejně jako mezi experty a non-experty. Hlouběji rozpracovanou přímo tuto problematiku všeobecně můžeme najít například v práci *User typology based on eye-movement paths*. Závěry v této práci také potvrzují nerozdílnost výsledků mezi pohlavími nebo různými úrovněmi expertízy (Popelka, Dvorský, Brychtová, Hanzelka, 2013).

Všechny prozatím zmíněné experimenty zkoumaly různé konkrétní charakteristiky popisu a porovnávaly efektivitu jednotlivých jejich vlastností, možností a metod. Aby se dal zjistit vliv těchto charakteristik, bylo zapotřebí minimalizovat všechny ostatní prvky. Za tímto účelem byla většina map v těchto experimentech velmi zjednodušena – pouze body

s popisem, někdy rozdělené do nenápadných polygonů nebo s nevýrazným jednobarevným pozadím. V případě některých studií, na kterých se podílela Brychtová, sice bylo pozadí na mapách barevně výraznější, stále však velmi jednoduché. Takovéto studie jsou jednoznačné přínosné, důležité a přináší významný náhled na problematiku, jejich výsledky však mohou být zkresleny a jejich aplikace v rámci komplexnějšího obsahu mapy často minimálně diskutabilní. Různá kombinace charakteristik, jaká se většinou na reálně používaných mapách vyskytuje, totiž může vést k jinému chování a strategii uživatelů. Na druhou stranu, data zjištěná na konkrétních příkladech komplexních map jsou následně často (ne vždy) použitelná pouze pro podobné mapy a impakt těchto studií tedy nemusí být tak významný. Plně universální studii však takřka vytvořit nejde a hlavně to pravděpodobně ani není potřeba. Podle mého názoru je však důležité si tyto důsledky a omezení uvědomovat při práci se studiemi, aby nedocházelo k jejich chybné interpretaci.

Přizpůsobovat efektivitu vzhledu vyhledávaného popisu je jednoznačně klíčové, je však důležité také hledat efektivní způsoby, jakými tyto názvy mohou být vyhledávány. Příkladem studie, která se touto problematikou zaobírá, a krom toho byla provedena na reálných mapách, může být *Searching for names in two city street maps* od Phillipse, Noyes a Audleyho (1977). Tato studie se nezabývá samotnými charakteristikami popisu, ale zaměřuje se na efektivitu jeho vyhledávání. V této studii byly srovnávány dva atlasy londýnských ulic – *A to Z*, a *Street Finder*. Mimo dalších odlišností, atlas *Street Finder* měl hustší síť gridu, kdy jedna část znázorňovala plochu 0,03 km^2, u atlasu *A to Z* pak tato plocha byla 0,77 km^2. V experimentu zaměřeném na efektivnost tohoto gridu měli účastníci najít určité ulice na základě jejich souřadnic, přičemž u atlasu *Street Finder* toto vyhledávání bylo v průměru o 12 vteřin rychlejší. Autor také uvádí, že dobu vyhledávání je možné rozlišit na dvě části – dobu nalezení požadovaného okna sítě, a dobu nalezení informace uvnitř tohoto okna samotného. Platí, že čím je grid hustší, tím se zvětšuje doba první, ale zmenšuje doba druhá a naopak. Jako optimální velikost, v případě ulic a při měřítku 1 : 20 000, autoři zvolili velikost gridu o ploše 0,5 km^2. Tím, že tato práce využívá reálné existující mapy, její výsledky nelze plně aplikovat na mapy jiné, avšak informace získané díky kontextu prvků na mapě jsou stále významné. Mezi další práce autorů, kteří pracovali s rozhraním map a atlasů, patří například *Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study Integrating Usability Metrics with Eye-Movement Analysis* (Coltekin a kol., 2009).

Ve své další práci, *Searching for names on maps*, Phillips a Noyes (1978) popisují klíčové faktory ovlivňující efektivitu vyhledávání. Platí, že čím méně názvů musí uživatel prohledat, tím rychleji najde vyhledávaný objekt. Autoři následně uvádí dva způsoby, jakými může tvůrce mapy redukovat počet vyhledávaných názvů. Prvním z nich je redukce jejich absolutního počtu, druhým pak typografické kódování. V rámci generalizace

(vyřazení nedůležitých názvů) je poměrně logické, že menší počet vede k rychlejším výsledkům. Celkový počet názvů lze však zredukovat i zmenšením plochy vyhledávání, čehož lze docílit například zavedením gridu a znalostí souřadnic, ve které části mapy se vyhledávaný objekt nachází. Typografické kódování pak znamená rozlišení různých kategorií popisu v rámci mapy, například velikostí písma nebo barvou. Právě různá velikost písma je často používaná pro označení velikostních kategorií sídel. Tohoto rozlišení by však nemělo být dosahováno použitím různých fontů nebo použitím italiky. Irelevantní kódování totiž může naopak čas vyhledávání prodloužit. Ze zmíněných metod jako nejefektivnější autor hodnotí využití gridu (Phillips, Noyes, 1978).

Za zmínku stojí také další práce Phillipse *Searching for a Target in a Random Arrangement of Names: An Eye Fixation Analysis*. V té autor především zkoumá a popisuje vysledované trendy ve vyhledávacích strategiích uživatelů. Prvním z nich je, že uživatelé nevyhledávali názvy podobné tomu požadovanému, ale při pohybu očí fixovali vždy na jeden z nejbližších názvů, které do té doby ještě nevyhodnotili, ať už byla jejich individuální všeobecná vyhledávací strategie na mapě jakákoli. Nedocházelo tedy k jakékoli selekci na základě podobnosti slov. Dále, délka fixací nebyla konstantní, ale výrazně delší u názvů připomínajících název požadovaný (když už na něj narazili), například bylo-li první písmeno nalezeného a vyhledávaného názvu stejné. Délka fixací byla také delší u menší velikosti písma. Přestože je periferní vidění důležité, autor uvádí, že ne vždy je potenciálně použitelná informace v periferním vidění při hledání využita (Phillips, 1981).

3.3 Shrnutí rešeršní části

Řada autorů se ve svých studiích a pracích zabývala nejrůznějšími aspekty a charakteristikami popisu. Výše zmíněné jsou pouze některé z nich, které jsem považoval za zajímavé, kvalitně zpracované a reprezentativní. Výzkumem popisu se zabývají především pracoviště na vysokých školách. Nejvíce prací s touto tématikou, jak s využitím metod eye-trackingu, tak i bez ní, pak v posledních letech publikují pravděpodobně Deeb, Ooms a kol. z univerzity v belgickém Ghentu. Fakt, že se velmi často jedná o univerzity, je možno vysvětlit tím, že se jedná o poměrně úzce zaměřený směr, jehož výsledky jsou často velmi teoretické nebo specifické a jejich ekonomické využití minimální. V případě využití cenově často velmi náročných eye-trackerů se pak kvůli teoretickému výzkumu soukromým firmám jednoduše nevyplatí investovat prostředky, obzvláště když lze vytvářet kvalitní mapy i bez znalostí získaných touto metodou.

Takřka ve všech případech se jedná o výzkum vnímání jednotlivých charakteristik popisu uživateli. Tento výzkum pak ve většině studií spočívá ve vyhodnocování výsledků experimentů. Mezi typické metody patří měření času potřebného k úspěšnému splnění (nalezení požadovaného názvu) úkolu. Při použití metody eye-trackingu je pak častým vyhodnocovanou metrikou i počet fixací, jejich délka a oblasti zájmu. Pomocí tohoto způsobu můžeme porovnávat jednotlivé výsledky na různých proměnných a z nich určit nejvíce vyhovující. Zkoumáním jejich vlastností a porovnáváním s ostatními se pak zjišťuje, proč jsou efektivní právě tyto objekty a jak případně výsledky aplikovat dále. Analýzou výsledků autoři také často zjišťují a popisují různé trendy v chování uživatelů. V některých případech jsou výsledky podpořeny dotazníky pro doplnění subjektivního názoru uživatelů a získání dalších dat.

Velikost písma je jednou z nejdůležitějších vlastností písma a od kartografa obyčejně vyžaduje poměrně komplexní řešení pro optimalizaci. Zároveň volba konkrétních použitých velikostí písma závisí na mnoha faktorech v kontextu celé mapy. Z řady studií vyplynulo, že pravděpodobně nejoptimálnější a nejefektivnější velikostí je velikost 12b, popřípadě velikost 11b. Zároveň v mnoha případech dosahovalo nejlepších naměřených výsledků písmo tučné oproti normálnímu, přestože ve studii zaměřené na estetickou stránku uživatelé preferovali právě písmo normální. Je tedy na kartografovi, aby pečlivě zhodnotil kompromis mezi efektivitou a estetikou mapy, v kontextu všech dalších zobrazovaných prvků a její naplněnosti.

Komplexní studií v tomto směru se ukázala práce Brychtové a Coltekin (2016), popsaná již v kapitole *3.2 Studie popisu se zaměřením na technologii eye-trackingu*, kde byly zkoumány dvě charakteristiky písma – jeho velikost a barevný rozdíl. Tato práce mne mezi ostatními zaujala hned z několika důvodů. Jedním z nich je, jak je již výše zmíněno, autorky uvádí že zvolená nejmenší velikost písma a nejnižší barevný rozdíl jsou stále daleko větší než minimální doporučené. Rozhodl jsem se tedy na tuto oblast zaměřit, jelikož považuji za důležité přesněji určovat a prozkoumávat tyto hranice a podložit je objektivními naměřenými daty. Zjistit, kam až může kartograf v případě potřeby při tvorbě mapy zajít, aby byla stále čitelná a uživateli vyhovující. Tato problematika je dle mého názoru důležitá především z hlediska velikosti písma, jelikož s tímto problémem se kartograf setkává častěji než s problematikou barevného rozdílu mezi písmem a podkladem. Zároveň si také myslím, že výsledky získané na datech v původní práci nemusí být plně relevantní, jelikož jak je vidět na obrázku 2, tvary jednotlivých území se velmi lišily. Lze předpokládat, že různá úroveň komplexnosti tvarů může mít vliv na vyhledávací strategie a tedy i výsledky uživatelů. Závěry by tedy bylo vhodné prověřit na více unifikovaných datech. Oběma problematikám se tak budu věnovat v praktické části mé práce.

Barva písma je do značné míry předem daná a proto se jí příliš mnoho studií nezabývá. U čitelnosti pak platí, že s vyšším kontrastem uživatelé dosahují větší efektivity. Oproti tomu umísťování textu je poměrně diskutovanou a komplexní záležitostí. Při umísťování textu je v první řadě nutnost řídit se zásadami. Ty jsou také v případě automatického umísťování zakomponovány do algoritmů, které určují jejich polohu. Takových algoritmů existuje celá řada, jejich detailní popis však pro tuto práci není relevantní. Za zmínku určitě stojí také práce Petzolda a kol. (2003) přehledně popisující problematiku umísťování názvů na dynamických mapách. V této problematice se také jako velmi užitečná osvědčila metoda eye-trackingu, jelikož pomáhá analyzovat postupy, kterými se uživatelé řídí při interakcích s dynamickými změnami mapy. Studie v této oblasti tak přinesly mnoho užitečných poznatků.

Zajímavým je také zkoumání vlivu jednotlivých charakteristik popisu na různé skupiny uživatelů a vztahy mezi nimi. Přestože některé výše zmíněné studie, zaměřené mimo jiné i na tuto problematiku, v několika případech zjistily rozdíly mezi muži a ženami, popřípadě experty (v některých studiích lidé, kteří za sebou měli alespoň jeden kurz kartografie, v jiných se pak jednalo o lidi s minimálně magisterským vzděláním v oboru) a non-experty (bez hlubších zkušeností s teoretickou kartografií, mnohdy studenti prvních ročníků), většinou se jednalo o velmi specifické charakteristiky. Dle mého názoru by pro relevanci zjištěných rozdílů v rámci tohoto výzkumu a vyvozování jakýchkoli kvalifikovaných obecných závěrů bylo nutné dané výsledky dále prověřit. Ve většině prací, ve kterých byl tento údaj zmíněný, rozdíly zaznamenány nebyly.

Metoda eye-trackingu byla použita i při porovnávání efektivity způsobu vyhledávání při různých úpravách mapy, konkrétně při zavedení gridu a znalosti souřadnic, generalizaci a různé barevnosti názvu. V obou studiích s touto metodikou se ukázalo jako nejvíce efektivní použití gridu.

4 DODATEČNÁ REŠERŠE VYBRANÝCH TÉMAT

Pro mou praktickou část jsem se rozhodl, jak jsem zmínil již v předchozí kapitole, potvrzovat či vyvracet výsledky studie *An Empirical User Study for Measuring the Influence of Colour Distance and Font Size in Map Reading Using Eye Tracking* od Brychtové a Coltekin (2016) a dále tyto výsledky rozšiřovat o další hypotézy. Nejdříve je však nutné se blíže seznámit s důležitými charakteristikami pro další práci, konkrétně tedy s pojmy ohledně velikosti písma, barev a barevných prostorů, a eye-trackingu.

4.1 Velikost písma

Pro většinu latinkových písem existují písmena velká a malá. Velká písmena se označují jako majuskule nebo verzálky, malá písmena minuskule nebo minusky. Velká písmena o výšce malých písmen se pak nazývají kapitálky. První písmena, iniciály, se však pro upoutání pozornosti píší i v kapitálkách větší než písmena zbývající (Čapek, 1992). Primárně je důležité dodržovat pravidla gramatiky a zásady popisu na mapě (například nadpis velkými písmeny), je však dokázáno, že malá písmena jsou lépe čitelná. Jsou totiž méně hranatá a zajišťují více detailu k rozpoznávání jednoho písmene od druhého (Slocum, 2005).

Výška písma se pak nejčastěji udává v milimetrech, v typografických bodech (tzv. Didotova soustava) nebo v cicerech. Typografický bod, nejčastěji používaný v této práci, odpovídá 1b = 0,376 mm (1/72 palce), na jeden metr tak připadá 2660 typografických bodů. Větší typografickou jednotkou je pak cicero (1 cic = 12b = 4,513 mm). Pro písma určité velikosti jsou zavedeny zvláštní názvy, známé je například označení petit (8 bodů = 3,91 mm) (Čapek, 1992).

Doporučení na nejmenší možné použité písmo se však v publikacích liší. Čapek (1992) za nejmenší použitelné písmo doporučuje 4b, tzn. zhruba 1,5 mm. Voženílek, Kaňok a kol. (2011) pak uvádí, že minimální velikost písma na mapě je ovlivňována mnoha faktory, zejména barvou písma, barvou pozadí, uživatelem apod. Obecně pak doporučují minimální velikosti písma 7b.

Pokud je na mapě použito více velikostí písma pro strukturování jednoho jevu, potom při hledání daného popisu tento fakt představuje výhodu pouze v případě, že uživatel může předpokládat u hledaného objektu danou velikost. V opačném případě se hledání příslušného objektu komplikuje (Phillips, 1997). Velikost písma v mapě by také mělo odpovídat

významu popisovanému objektu, popřípadě jeho kvantitě. Například sídlo s větším počtem obyvatel by tedy mělo být popsáno větším písmem (Voženílek, Kaňok a kol., 2011).

Může se však stát, že reálná výška stejných písmen se při stejném nastavení velikosti bude u různých fontů lišit. Důvodem jsou počátky tohoto systému, kdy je výška v bodech odvozena z výšky kousku kovu, nesoucího daná písmena při knihtisku v tehdejší době. Jedná se tedy většinou o velikost přibližně o trochu větší než rozdíl mezi vrcholem nejvyššího a spodní části nejnižšího z možných symbolů v daném písmu. Tento fakt je důležité si uvědomovat převážně ve chvíli, kdy je potřeba v mapě měnit font (Brewer, 2005), popřípadě při využití více rozdílných fontů, které by spolu měli velikostně korelovat.

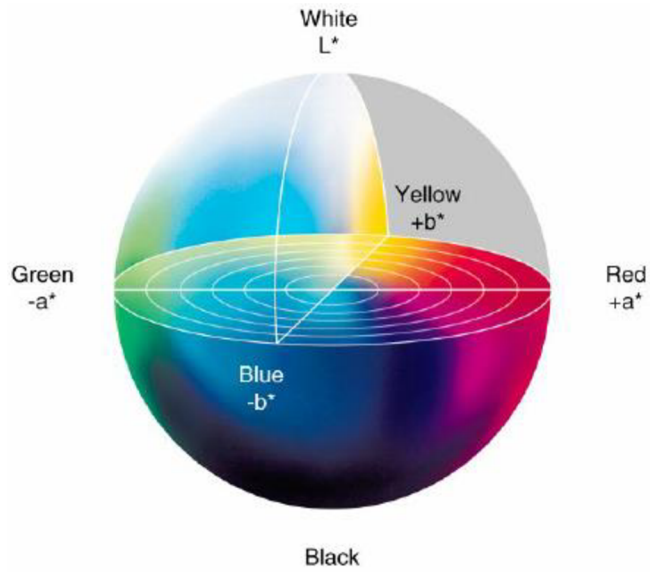
Brewer (2005) uvádí, že existují tři způsoby, jak změnit velikost textu na mapě a tím tak i jeho význam. Jednak klasickým zvětšením či zmenšením písma, jednak změnou rozpalu (mezery mezi písmeny) tak, že text bude širší, nebo rozmístit řádky textu tak, že textový prvek je vyšší nebo kompaktnější.

Velikostí písma se do jisté míry zabývá většina publikací zabývajících se tematickou kartografií a vizualizací. Kromě výše zmíněných například také Veverka, Zímová (2008) nebo Plánka (2006).

4.2 Barva a vybrané barevné prostory

Vnímání barev je do značné míry subjektivní proces a při práci (nejen) s mapou hraje důležitou roli. Proto byly pro snadnější práci s nimi barvy různými metodami měřeny a kvantifikovány do systémů, tzv. barevných prostorů (Joblove, Greenberg, 1978). Barevné prostory lze rozdělit na percepčně uniformní a percepčně neuniformní. Percepčně uniformní prostory jsou, na rozdíl od neuniformních (jako například RGB), designovány tak, že vzdálenost mezi jakýmikoli dvěma barvami je vnímána proporčně k jejich vzdálenosti v barevném prostoru. To znamená, že výsledný barevný prostor je v jistém slova smyslu „metrický“ s ohledem na lidské vnímání a barevné rozdíly mohou být jednoduše měřeny Euklidovskou vzdáleností (Burger, Burge, 2013). Chceme-li tedy zajistit shodu mezi měřenou vzdáleností barev a lidskou percepcí, je nutné pracovat s percepčně uniformními barevnými prostory (Slocum a kol., 2005).

Mezi nejpoužívanější percepčně uniformní prostory patří CIE L*u*v* (též CIELUV) a především CIE L*a*b* (CIELAB) (Landa, Fairchild, 2005; Werman, Pele, 2012, Paschos, 2001). Barevný prostor CIELAB má tři dimenze pro popis barvy objektu. Těmi jsou v pravoúhlých souřadnicích L* (lightness, světlost), a* (osa červená-zelená) a b* (osa žlutá-modrá) (Landa, Fairchild, 2005).



Obr. 4. Barevný prostor CIE L*a*b*

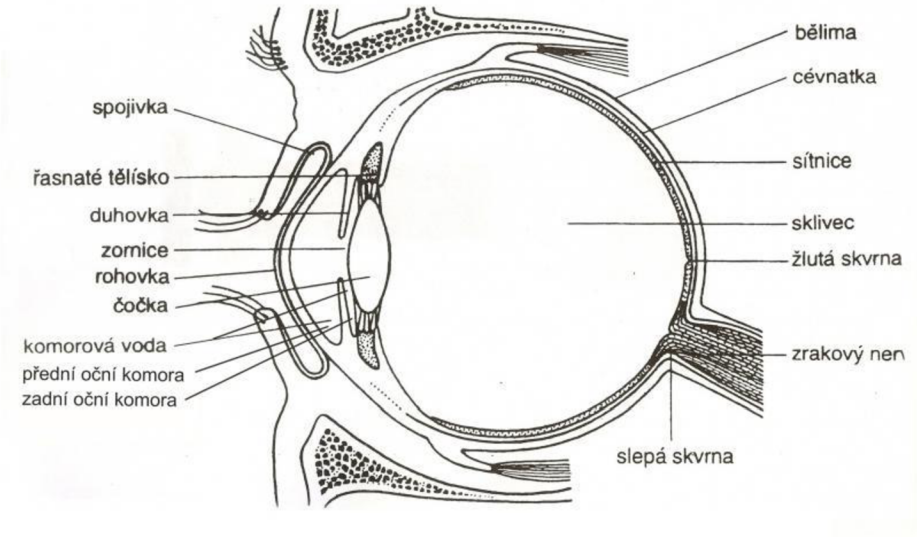
Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/CIE-LAB-1976-color-space_fig2_263697963

Jakožto řešení problematiky rozdílnosti barev, Mezinárodní komise pro osvětlování (International Commission on Illumination, CIE) představila metriku tzv. barevného rozdílu (též vzdálenost barev), který se značí jako ΔE (CIE, 2014). Pro jeho výpočet se používá řada metod, mezi nejpoužívanější v barevném prostoru CIE L*a*b* patří CIE76 (ΔE^*_{ab}) používající obyčejnou Euklidovskou vzdálenost, a CIEDE2000 (ΔE_{00}) zohledňující navíc i světlost, odstín a další charakteristiky pro přesnější výsledky barevného rozdílu (Werman, Pele, 2012). Výpočetní metoda CIEDE2000 je tedy považována za spolehlivější při kalkulaci obou malých i velkých rozdílů barev (Carter, Huertas, 2009). Rovnice pro výpočty obou metod lze nalézt na oficiálních stránkách Mezinárodní komise pro osvětlení (CIE, 2014).

4.3 Metody eye-trackingu

V průběhu diplomové práce byly popisovány mimo jiné metody technologie eye-trackingu a její přínosy pro výzkum v kartografii. Považuji tedy za vhodné tuto metodu, její prostředky a možnosti, detailněji vysvětlit. Pro práci s ní je totiž nutné znát principy, na kterých tato technologie funguje, a základní znalosti a pojmy s ní spojené. V této práci však budou zmíněny pouze základní poznatky – podrobněji jsem se touto problematikou a například technickými parametry této technologie zabýval již v mé bakalářské práci *Možnosti Eye-trackingu v Kartografii* (Pavelka, 2015).

Technologie eye-trackingu vychází ze znalosti pohybu a fyziologie oka. Pro lepší představu dalších principů spojených s fyziologií oka je nutno znát především pojmy zornice, rohovka, duhovka, čočka a sítnice. Umístění těchto a dalších základních struktur oka můžeme vidět na obrázku 5.

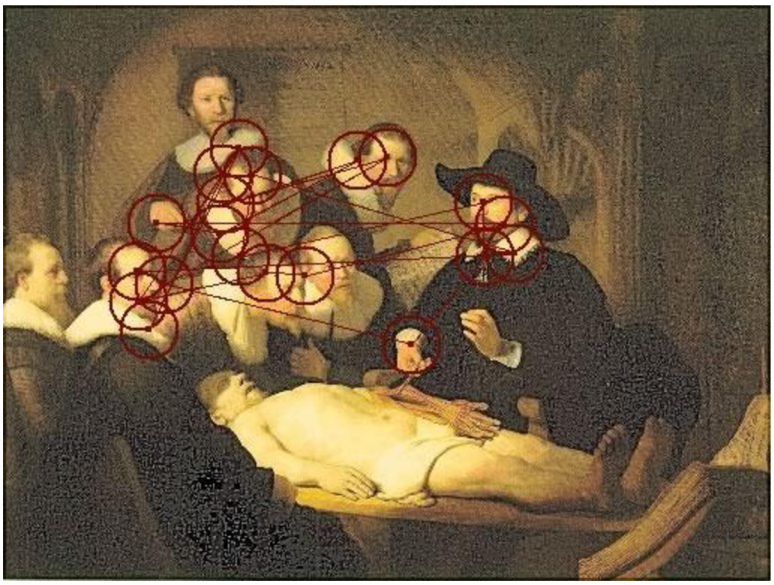


Obr. 5. Základní struktura oka

zdroj: http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery_Detail.php?intSource=1&intImageId=287

Velmi důležité jsou také pohyby oka. Lidské oko většinou nezkoumá prostor plynule, ale dočasně se zastavuje na nějakém bodu v prostoru, odkud se hýbe k bodu dalšímu. Momentu, ve kterém je oko klidné, se říká fixace. Ta může trvat od zlomku sekund až po sekundy. Délka fixace záleží na mnoha faktorech, mj. na velikosti zkoumané oblasti. Velmi rychlé pohyby mezi body jsou pak označovány jako sakadické pohyby, sakády. Tyto pohyby jsou nejrychlejšími pohyby, které může lidské tělo vykonávat – obvykle trvají 30-80 ms. Trochu paradoxní je, že v průběhu těchto pohybů je člověk takřka slepý (Holmquist, 2011).

Oko vykonává ještě mnoho dalších pohybů. Ty jsou ale buďto zanedbatelné, nebo nepoužitelné pro eye-tracking při práci na počítači. Právě fixace a sakády jsou ale klíčové při sledování očí a následné analýze dat. Jejich příklad můžeme vidět na obrázku 6.



Obr. 6. Příklad fixací (kolečka) a sakád (čáry) při snímání oka.

zdroj: http://24ways.org/2012/science/

V dnešní době se používá několik metod, jakými lze pomocí přístrojů zachytit pohyb oka. Princip výpočtu pomocí modelů je založený na geometrickém 3D modelu oka s vektory. Tento model získáme pomocí kalibrace kamery, je však zároveň potřeba znát její pozici a orientaci, stejně jako pozici a orientaci monitoru. Směr pohledu je pak vypočítán pomocí zjištění pozice rohovky a středu zornice, přičemž samotný směr vektoru protíná střed oční bulvy se středem duhovky (Chennamma, 2013).

Princip interpolačních metod patří mezi nejvyužívanější. Nemodeluje přímo model oka, ale místo toho vypočítává směr pohledu na základě rysů obrázku. Kalibrovaná data jsou použita k výpočtu neznámého koeficientu, který je dosazen do mapovací funkce. Ta pak na základě numerických procesů, jako např. lineární regrese, zjistí bod, na který je oko zaměřeno. Alternativní metoda pak využívá koordináty vybraných bodů na obličeji, podle kterých na základě výpočtů je možno dostat souřadnici požadovaného bodu (Chennamma, 2013).

Moderní přístroje používají také rohovkového odrazu, který samy vytvoří pomocí světla v infračervené nebo blízké infračervené části spektra. Vektor mezi centrem zornice a rohovkovým odrazem může být po výpočtu a kalibraci kamery použít pro získání výsledného směru pohledu (Hansen, Ji, 2010).

Přístroje, které se dnes pro sledování pohybů očí používají, nazýváme eye-trackery. Lze je dělit do dvou kategorií – zařízení přenosná, umístěná přímo na hlavě subjektu, a zařízení vzdálená, tedy umístěná například na stole před subjektem nebo na monitoru. Během testu se vzdálenými eye-trackery může pozorovaný účastník volně hýbat hlavou

pouze omezeně. Doporučuje se tedy být co nejvíce v klidu (Miromoto, Mimica, 2005). Maximální úhel, pod kterým je eye-tracker schopen snímat, samozřejmě záleží na parametrech konkrétního přístroje. Naopak u eye-trackerů umístěných přímo na hlavě může účastník hýbat hlavou volně bez jakýchkoli nepřesností, popřípadě se může volně pohybovat v prostoru, což je pravděpodobně jejich největší výhoda.

Z parametrů, které každý přístroj má, je pro kvalitu výsledků nejdůležitější frekvence. Ta určuje, kolik dat se přenese za sekundu – jak rychlý přístroj tedy je. Samozřejmě pak platí, že čím rychlejší (a tedy výkonnější) eye-tracker, tím dražší. Dle Holmquista a kol. (2011) platí, že hranice mezi pomalými a rychlými přístroji je 250 Hz, tedy 250 vzorků (snímků) za sekundu. Nejrychlejší přístroje pak dosahují frekvence až přes 1000 Hz. Přestože se tato čísla zdají vysoká, musím připomenout, že tyto přístroje zachycují nejrychlejší lidské pohyby trvající pouze několik málo desítek milisekund.

Pozice firem na trhu se od rešerše v mé bakalářské práci změnila. Jedna z do té doby největších a nejznámějších firem, SensoMotoric Instruments (SMI), byla v roce 2017 koupena společností Apple (Hartzbech, 2017). Společnost EyeTribe, která se proslavila prvním cenově dostupným eye-trackerem pro veřejnost, byla v roce 2016 koupena společností Oculus, patřící pod společnost Facebook (Constine, 2016).

5 PRAKTICKÁ ČÁST: HYPOTÉZY

Praktická část mé diplomové práce se bude zabývat zkoumáním čitelnosti popisu na mapách. Čitelnost bude prověřována především z hlediska velikosti popisu, ale také z hlediska minimalizace kontrastu barvy písma s jeho pozadím. Experiment bude do jisté míry vycházet z práce *An Empirical User Study for Measuring the Influence of Colour Distance and Font Size in Map Reading Using Eye Tracking* od Brychtové a Coltekin (2016), popsané v kapitole *3.2 Studie popisu se zaměřením na technologie eye-trackingu*. Na tuto studii bude dále odkazováno také jako na původní studii.

Částečnou reprodukci již existující studie považuji za vhodnou také proto, že v rámci výzkumu pomocí eye-trackingu v kartografii často dochází k případům, kdy je daná problematika zkoumána pouze v rámci jedné studie. Tento jev je poměrně pochopitelný, jelikož možnosti, které lze pomocí této technologie zkoumat, jsou velmi široké a poutavé. Naopak skupina lidí touto problematikou se zabývající je poměrně malá. To však nesnižuje význam faktu, že je potřeba dané výsledky potvrzovat nebo vyvracet, aby mohly být opravdu považovány za relevantní.

5.1 Výchozí hypotézy experimentu

Praktická část bude rozdělena na dvě části, byť budou data pro obě z nich získávána v rámci jednoho testování. První část se bude zabývat potvrzením výsledků původní studie, v druhé pak bude původní studie rozšířena o nové hypotézy. Metodika experimentu bude tedy pro konzistenci a porovnatelnost výsledků co nejpodobnější s původní prací.

5.1.1 Hypotézy první části experimentu

V první části experimentu se budu zabývat potvrzováním relevance výsledků studie Brychtové a Coltekin (2016). Vzhledem ke vzhledu jednotlivých map experimentu (obrázek 2) totiž existuje možnost, že mohlo docházet k chybám v naměřených datech. Předpoklad chybovosti vychází z různých tvarů území u obou porovnávaných hodnot – tedy porovnávání výsledků z různých tvarů území jak u velikosti písma, tak u barevného rozdílu. Různý tvar může způsobit odlišné strategie ve vyhledávání, kdy například členitější území,

jako je pobřeží, může upoutat pozornost uživatele. Tento fakt pak může způsobit nekonzistentní výsledky.

Experiment bude tedy reprodukován na jiném, uniformním vzorku dat. Konkrétně se jedná o území obdélníkového tvaru, popsaná níže v kapitole 6*.1.1 Podkladová data pro hypotézu 1*. Takto navrhnutá území by měla eliminovat nekonzistenci vyhledávacích strategií uživatelů. Velikosti písem i barevné rozdíly zůstanou zachovány.

Výchozí hypotézou pro tuto část experimentu (dále Hypotéza 1) je tvrzení Brychtové a Coltekin (2016), že tvar území nemá vliv na výsledné hodnoty. V takovém případě by výsledky získané v této části práce měly korelovat s výsledky práce původní a zároveň by mely tyto výsledky podpořit i data trajektorií pohledu a strategie vyhledávání uživatelů.

5.1.2 Hypotézy druhé části experimentu

Druhá část praktické části mé diplomové práce bude věnována rozšíření původních hypotéz, konkrétně v tématu velikosti písma. Již autorky v původní práci zmiňují, že zvolené nejmenší písmo v jejich studii je stále daleko nad hranicí čitelnosti (Brychtová, Coltekin, 2016). Nejmenší doporučená velikost písma se v rámci literatury liší, nejnižší hodnotu 4b však uvádí Čapek (1992).

V původní studii autorky použily velikosti písma 8b, 11b a 14b. V rámci zachování tříbodového rozdílu bylo rozhodnuto použít v této praktické části velikosti písma 4b, 7b a 10b.

Hypotéza pro druhou část (Hypotéza 2) je, že se snižující se velikostí písma od velikosti 10b se bude zvyšovat čas potřebný k nalezení daného názvu, především pak že v případě velikosti písma 4b tento nárůst bude statisticky signifikantní. Zároveň bude posuzováno tvrzení Čapka (1992), že velikost 4b je stále vhodná pro použití na mapách. Zkoumána bude také v souvislosti s velikostí 7b, kterou jako nejmenší doporučovanou uvádí Voženílek, Kaňok a kol. (2011).

Tato část experimentu bude provedena na územích shodných s původní studií Brychtové a Coltekin (2016), ze které je vycházeno.

6 PRAKTICKÁ ČÁST: NÁVRH A PRŮBĚH EXPERIMENTU

6.1 Podnětový materiál

Pro potřeby experimentu byly vytvořeny dvě sady mapových podkladů, pro každou hypotézu jedna. Každá sada se skládala z 15 různých map, přičemž každá mapa byla unikátní kombinací jedné z pěti barev pozadí a jedné ze tří velikostí písma. Pro obě varianty dohromady šlo tedy o sérii 30 map. Pro každou sadu bylo použito 5 různých území. Každá použitá velikost písma tak byla zastoupena na každém území, pro každý barevný rozdíl však byla vybrána pouze 3 z 5 území. Vzhled map byl značně zjednodušen kvůli kontrole proměnných významných pro experiment a snížení nebo vyřazení vlivů ostatních charakteristik mapy. Mapy byly vytvořený v rozlišení 1680 × 1050 pixelů, tedy stejném jaké bylo rozlišení monitoru, na kterém testování probíhalo.

Tvary území i velikosti písma se pro obě varianty lišily a jednotlivé přístupy pro každou z nich jsou popsány níže. Obě varianty však měly společnou proměnnou v podobě barevných odstínů pozadí. Barvy použité na mapách byly shodné s barvami použitými v původní studii. Specifikace jednotlivých zvolených barev v barevných prostorech RGB a L*a*b* pro příslušné barevné rozdíly v těchto prostorech, jsou popsány v tabulce 2.

Tab. 2. Specifikace použitých barev pozadí na mapách v barevných prostorech RGB a L*a*b* s korespondujícími barevnými rozdíly mezi danými barvami a černým popisem.

Barevný rozdíl		RGB specifikace			L*a*b* specifikace		
ΔE_{00}	ΔE^*_{ab}	R	G	B	L	a	b
30	48	0	80	37	29,08	-32,7	19,02
50	80	36	154	80	56,15	-48,43	29,37
70	95	117	207	119	75,91	-44,52	34,88
85	94	199	232	175	88,42	-20,48	23,49
100	100	249	255	245	99,32	-3,3	3,12

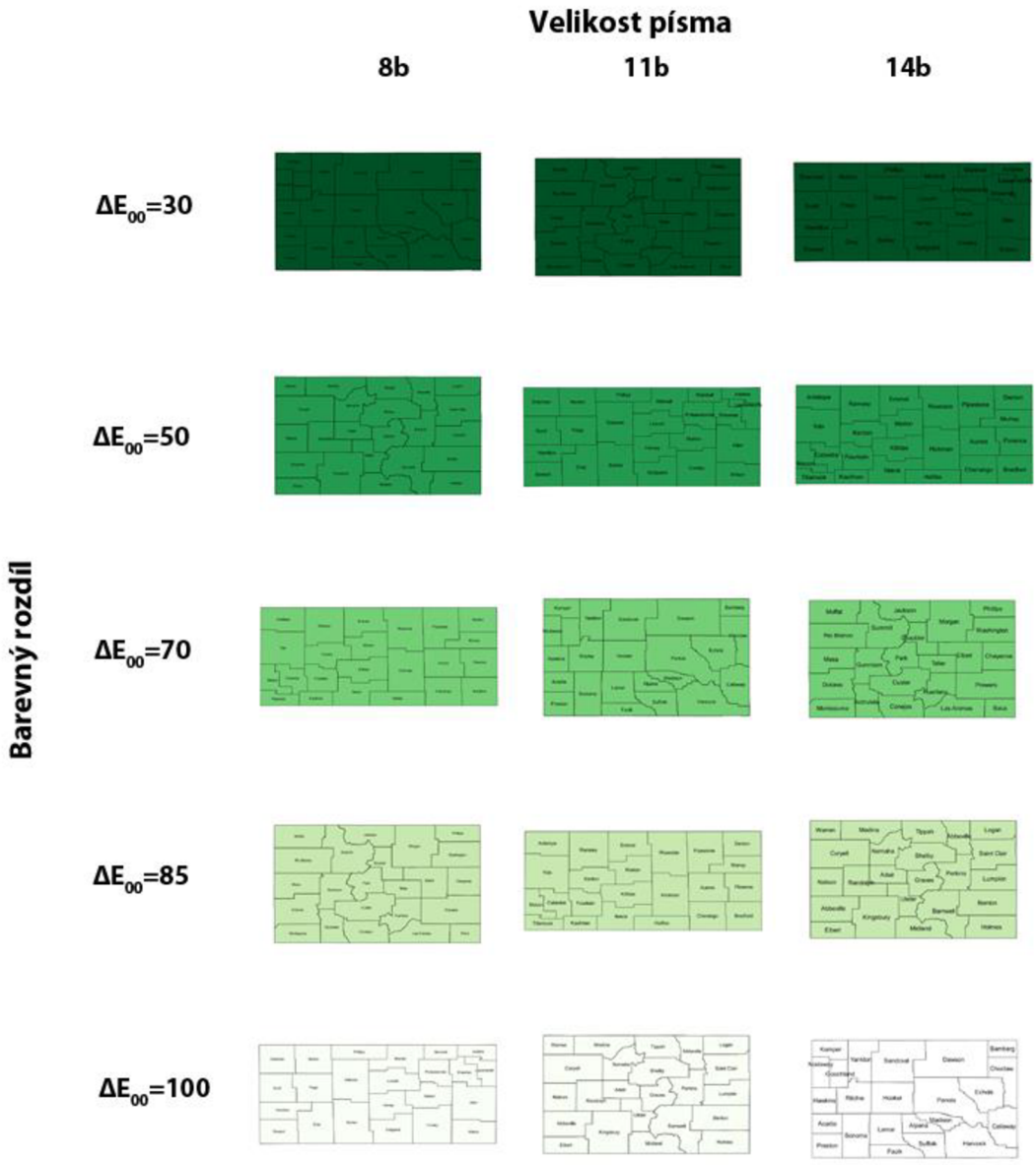
Jednotlivé konkrétní názvy, které na vzniklých mapách měli účastníci za úkol naleznout, také podléhaly určitým pravidlům. Žádný z názvů se nevyskytoval v oblasti středu obrazovky, jakožto výchozího bodu pohledu. V takovém případě by bylo možné daný název zahládnout periferním viděním účastníka a nedošlo by tak k vyhledávacímu procesu. Názvy proto byly většinou minimálně v polovině vzdálenosti mezi středem obrazovky a vnější hranicí území. Dále bylo každé území rozděleno do 4 kvadrantů, přičemž jednotlivé vyhledávané názvy byly rozmístěny tak, aby bylo v rámci kvadrantů přibližně rovnoměrně zastoupený počet map jak s barevnými rozdíly popisu vůči pozadí, tak velikostí písma.

6.1.1 Podnětový materiál pro Hypotézu 1

Pro Hypotézu 1 byla vytvořena sada map s unifikovanějšími hranicemi území než v původní studii. Konkrétně se jednalo o území tvaru obdélníku s rovnoměrněji rozloženým vnitřním členěním, velikostí a počtem jednotek.

Tato území byla vytvořena manuálním upravením existujících území vybraných států administrativního členění USA tak, aby splňovala požadavky experimentu. Kromě zjednodušení vnější hranice území došlo také ke sjednocení a úpravě tvarů vnitřního členění, aby bylo v každém území právě 23 administrativních jednotek. Názvy některých administrativních jednotek zůstaly zachovány (v případě sloučení kvůli snižování jejich počtu byl název zvolen náhodně). Některá území pro tuto variantu však vznikla otočením jiných území o 180°, proto bylo potřeba vybrat názvy odlišné. Nové názvy administrativních jednotek tak byly vybrány podle administrativních jednotek stejné úrovně jiných států USA, nepoužitých v tomto experimentu. Ve všech případech se tak jedná o reálně používané názvy. Nové názvy byly zvoleny relativně náhodně, většinou se však jednalo o 6-8 písmenná jména.

Velikost písma byla v této mapové sadě shodná s původní studií, tedy 8b, 11b a 14b. Výsledná území pro Hypotézu 1 s rozdělením podle velikosti písma a barevného rozdílu můžeme vidět na obrázku 7.



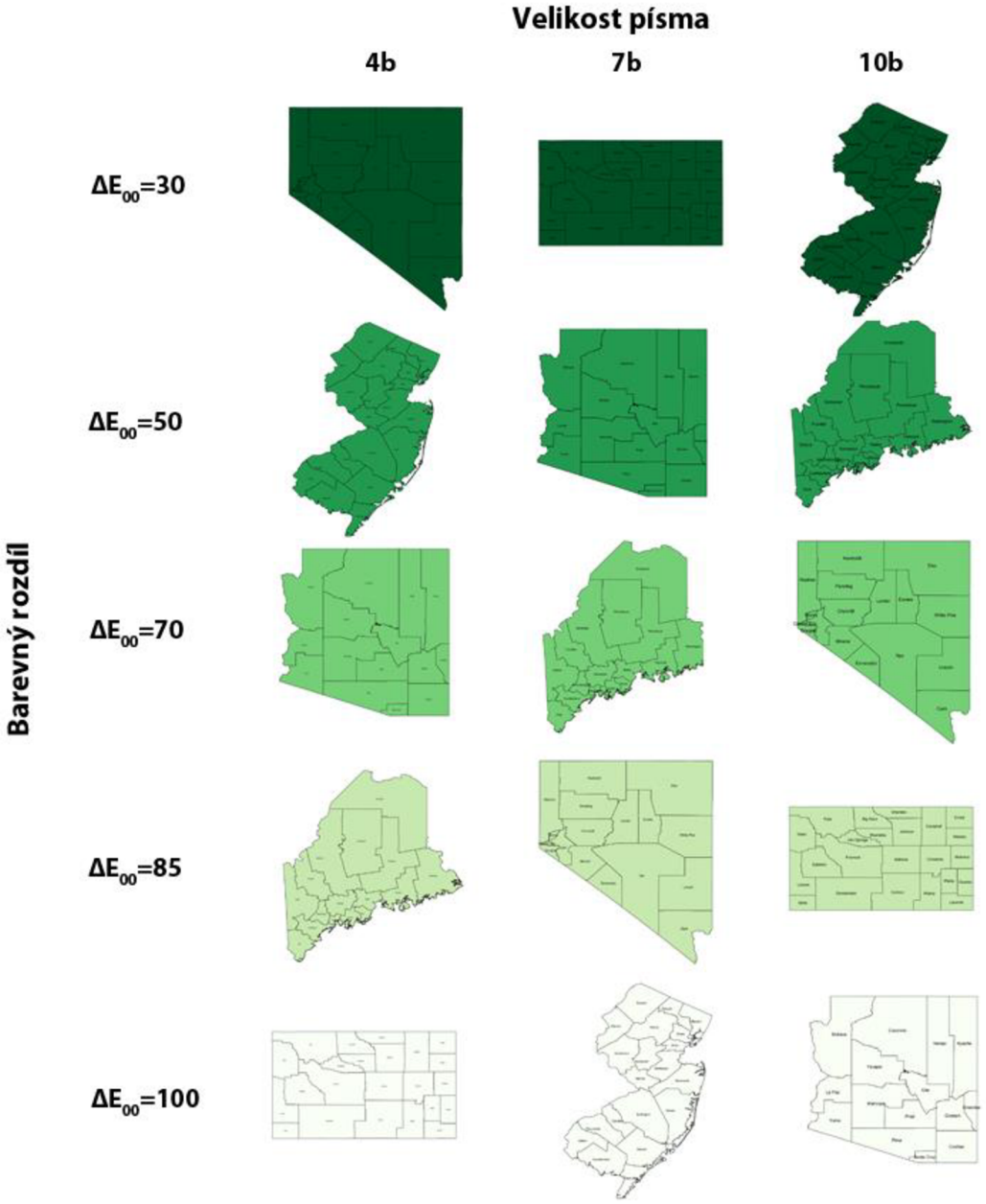
Obr. 7. Rozdělení podkladových map pro Hypotézu 1 v rámci barevného rozdílu a velikosti písma

6.1.2 Podnětový materiál pro Hypotézu 2

Sada map vytvořených pro Hypotézu 2 měla stejné tvary území i vnitřní členění jako původní studie. Jednalo se o administrativní jednotky vybraných států USA, konkrétně o státy Arizona, Nevada, Maine, New Jersey a Wyoming. Kromě různého tvaru území se v rámci států lišil také počet administrativních jednotek (Arizona 15, Nevada 17, Maine 18,

New Jersey 21, Wyoming 24). Tato území jsou dále popisována jako neunifikovaná, přestože jedno z nich, konkrétně Wyoming, splňuje podmínky tvaru území unifikovaných území, tedy obdélník. Liší se však počtem administrativních jednotek.

V tomto případě však byla použita jiná velikost písma oproti původní studii, a totiž velikosti 4b, 7b a 11b. Rozdělení tvaru území v rámci velikostí písma a barevného rozdílu bylo shodné jako v původní studii. Toto rozložení můžeme vidět na obrázku 8.



Obr. 8. Rozdělení podkladových map pro Hypotézu 2 v rámci barevného rozdílu a velikosti písma

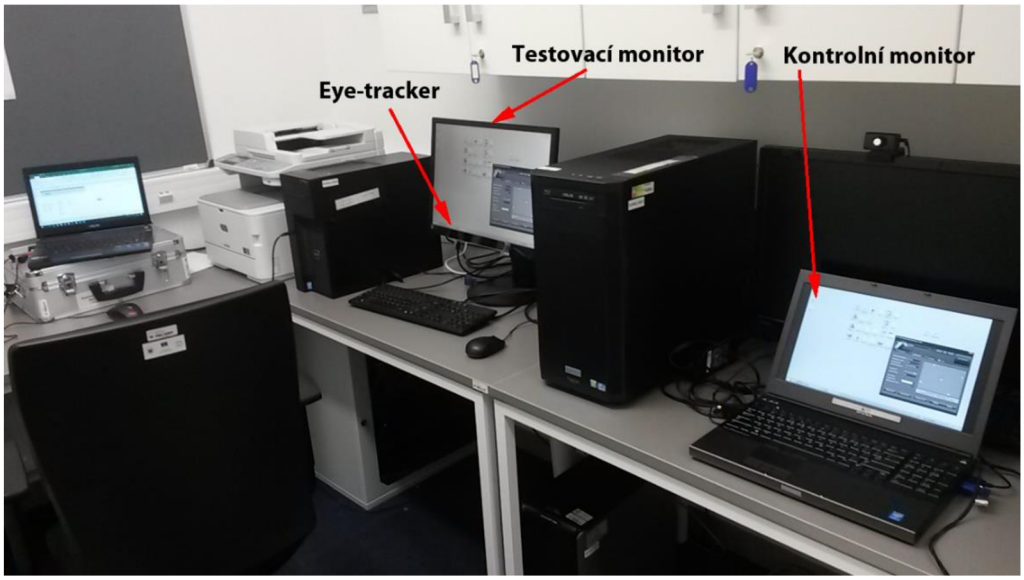
6.2 Použité programy, data a specifikace hardwaru

Podkladové mapy byly vytvořeny v programu QGIS 2.18.14. Sekvence snímků testu v rámci experimentu, sběr dat pomocí eye-trackeru, stejně jako část analýz při zpracování dat, byla provedena v programu OGAMA v5.0.5754. Další analýzy byly provedeny v programu Microsoft Excel 2010 a STATISTICA Cz 12. Pro kalibraci eye-trackeru byl použit program SMI BeGaze.

Data administrativních jednotek USA použitá na podkladové mapy byla získána z databáze GADM v2.8, shromažďující a poskytující administrativní hranice zemí (GADM database, 2018).

Pro sběr dat byl použit nízkofrekvenční bezkontaktní eye-tracker SMI RED 250 od společnosti SensoMotoric Instruments (SMI). Snímkovací frekvence byla 120 Hz, což umožnilo snímání oka každých 8ms s přesností 0,4°. Experiment byl prezentován na 22" LED monitoru AOC E2260P s rozlišením 1680 × 1050 pixelů. Použitý eye-tracker, snímkovací frekvence i rozlišení monitoru bylo shodné s původní studií. Podmínky pro zaznamenání fixace byly maximální vzdálenost 20 pixelů, do které byl mikro pohyb brán stále jako součást jedné fixace a minimální počet 5 vzorků.

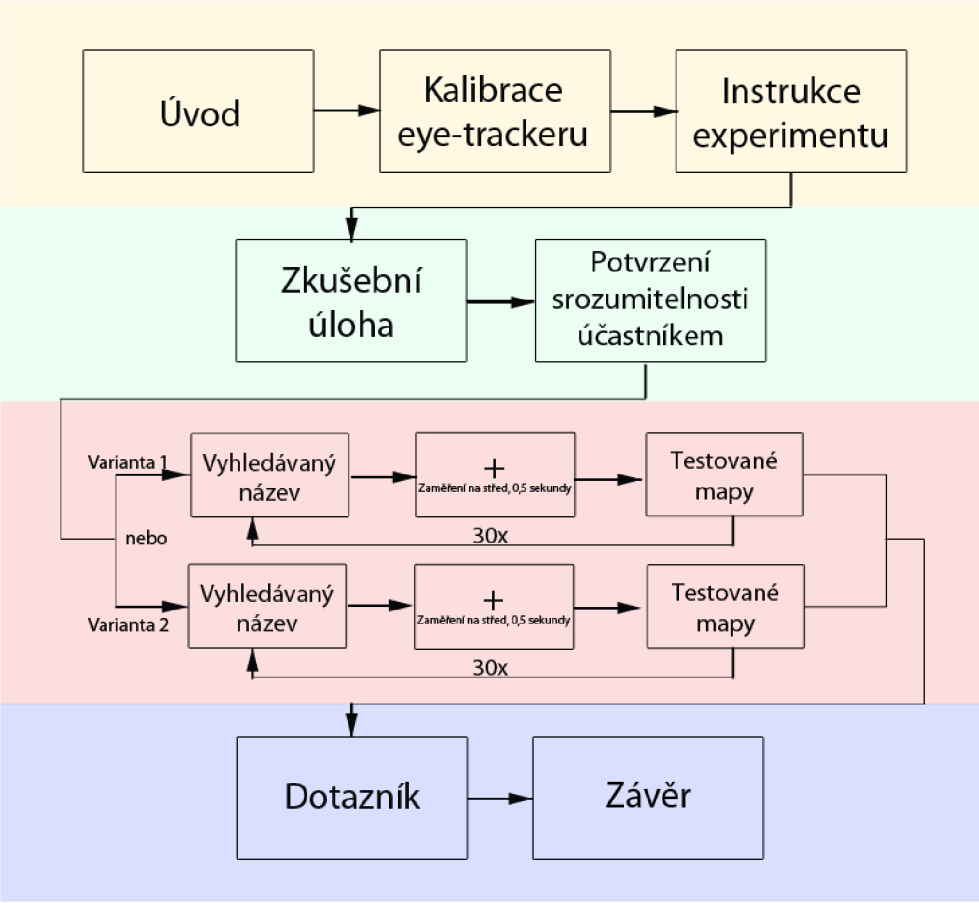
Testování probíhalo v kontrolovaných podmínkách v laboratoři pro experimentální humanitní vědy HUME Lab při Filozofické fakultě Masarykovy univerzity. Podmínky při testování lze vidět na obrázku 9.



Obr. 9. Podmínky testování v laboratoři HUME Lab

6.3 Struktura experimentu

Experiment byl rozdělen do čtyř dílčích částí, jejichž struktura je schematicky znázorněna na obrázku 10.



Obr. 10. Struktura experimentu

V úvodu experimentu byl účastník seznámen se základními informacemi a principy experimentu, jako jsou metoda snímání pohledu, technologie eye-trackeru nebo možnosti eye-trackingu. Zároveň mu byl slovně popsán průběh experimentu. Následně bylo přistoupeno ke kalibraci přístroje, tedy nastavení přístroje na práci s konkrétním uživatelem. Princip kalibrace spočíval v postupném zobrazení pěti bodů na monitoru, na které měl daný účastník za úkol se dívat. Jakožto hraniční hodnota pro přesnost kalibrace byla zvolena odchylka 1°. Po kalibraci již byla spuštěna samotná prezentace experimentu na monitoru a začalo zaznamenávání pohledu uživatele. Zde byla jako první písemně opět popsána struktura experimentu, instrukce a zdůrazněny vybrané informace. Tato část byla zařazena

až po kalibraci z důvodu toho, aby měl účastník čas si zvyknout na prostředí, práci za počítačem a přístroj samotný. Zároveň se v této fázi mohly ukázat případné chyby přístroje, které tak bylo možno vyřešit ještě před experimentem samotným.

Po seznámení účastníka s experimentem mu byla předložena zkušební úloha – tedy mapa odlišného území, avšak se stejným úkolem a průběhem jako u následně testovaných, popsaných níže. Zkušební úloha byla provedena opět jakožto kontrola srozumitelnosti experimentu pro uživatele, ale hlavně z důvodu toho, aby uživatel byl srozuměn i s praktickou ukázkou a eliminovaly se tak vlivy překvapení nebo zmatenosti uživatele při práci s prvními testovacími mapami experimentu. Tyto vlivy by totiž mohly vést k pomalejšímu vyhledávání a tedy nekonzistenci výsledků. Po zkušební úloze byl poskytnut prostor na případné doplňující dotazy. V případě že účastník postupoval správně a rozuměl podstatě úkolů, byl ponechán sám v místnosti a bylo možno přistoupit k přímému testování.

V rámci testování samotného měli účastníci za úkol naleznout požadovaný název administrativní jednotky na mapě. Tento název se nejdříve objevil na obrazovce uprostřed po dobu maximálně 15 sekund s možností pokračování v případě, že si účastník daný název dostatečně zapamatoval. Na následujícím snímku byl fixační kříž zaměřený na střed obrazovky po dobu 0,5 sekundy, na který měl účastník úkol se podívat. Tento kříž sloužil k sjednocení výchozí pozice pohledu uživatelů a tedy minimalizování rozdílů v datech způsobených tímto faktorem. Následně se objevila daná mapa pro vyhotovení úkolu. Po nalezení požadovaného názvu měl účastník za úkol na tento název kliknout myší. Na vyhledání názvu měl účastník maximálně 20 sekund. Přechod na další snímek byl v tomto případě možný pouze při kliku na území vyhledávané administrativní jednotky – v pokusném testování totiž docházelo k situacím, kdy se účastníci pokusili kliknout na snímek s křížem, který mezi tím zmizel a účastník tak nechtěně kliknul na danou mapu, čímž došlo k jejímu nesprávnému a nezamýšlenému vyhodnocení. V případě že účastník nebyl schopen požadovaný název naleznout v daném časovém limitu, mapa byla vyhodnocena jako nečitelná.

Pro testování byly vyhotoveny dvě varianty experimentu. Jednotlivé shodné mapy ve druhé variantě byly seřazeny v opačném pořadí oproti variantě první, čímž se v rámci výsledných dat snížila případná chybovost vzniklá například zapamatováním si pozice některého z názvů uživatelem, postupná tendence zrychlování nebo naopak zpomalování reflexů uživatelů, nebo jakékoli další nepřesnosti vzniklé pořadím map. Dále platí, že vždy docházelo ke střídání map datové sady pro Hypotézu 1 a Hypotézu 2. Také se nikdy neopakoval stejný barevný rozdíl nebo stejná či blízce si podobná (1b rozdíl) velikost písma na dvou za sebou jdoucích mapách. V rámci splňování těchto pravidel pak byla první sada map sestavena v náhodném pořadí, druhá následně odvozena.

V rámci designu experimentu bylo dbáno na minimalizaci tzv. efektu zácviku. Předpokladem efektu zácviku je, že po seznámení se s konkrétním typem vizualizace jsou následující rozhodnutí činěna s narůstající rychlostí (Kubíček, 2011). Tento jev je obtížné zcela vyloučit, v tomto případě však byl potlačen jednak střídáním tvarů území a také dvěma variantami testu.

Po dokončení testování byl s každým uživatelem vyplněn dotazník, který měl sám dvě části. V první z nich docházelo k vyplnění informací o uživateli, konkrétně věk, pohlaví, vzdělání v kartografii a případná zraková vada. Ve druhé pak k subjektivním poznatkům účastníka z experimentu, jako například kolik velikostí písma či barevných pozadí si uživatel myslí že bylo použito v rámci experimentu, které vizuálně a esteticky preferoval (rozdělení na nejmenší, malé, střední a velké), zda si myslí že jsou nejmenší velikost nebo nejmenší barevný rozdíl stále použitelné na mapě a podobně. V závěru pak byl uživatelům poskytnut prostor na další vyjádření se k experimentu a zodpovězeny případné dotazy.

6.4 Participanti

Experimentu se dobrovolně zúčastnilo dohromady 28 účastníků. Všichni participanti při kalibraci dosáhli přesnosti vyšší než 1° a splňovali tedy podmínku pro podstoupení experimentu a sběr dat. Věk účastníků se pohyboval mezi 22 a 29 lety, s průměrem okolo 24,5 let. Všichni účastníci byli studenti vysoké školy, popřípadě pracující s vysokoškolským vzděláním. 16 z 28 účastníků (~57%) byly ženy, zbylých 12 (~43%) byli muži. Dohromady 9 účastníků (~32%), tzv. expertů, podstoupilo dříve alespoň jeden kartografický kurz (z toho 4 ženy a 5 mužů), zbylých 19 účastníků (~68%), tzv. non-expertů, bylo bez kartografického vzdělání (12 žen a 7 mužů). Polovina participantů uvedla zrakovou vadu, tedy dalekozrakost, krátkozrakost, popřípadě astigmatismus. Jen polovina z nich (7 účastníků) však v průběhu experimentu měla nasazeny brýle.

7 PRAKTICKÁ ČÁST: ANALÝZA DAT A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Na výsledcích experimentu s použitím eye-trackingu byla pozorována a vyhodnocována řadu faktorů. Efektivita jednotlivých proměnných a map byla statisticky zjišťována pomocí metriky času odpovědi (čas potřebný k nalezení odpovědi, od objevení mapy po kliknutí na území s vyhledávaným názvem), přesnosti odpovědi a dále počtu a průměrné délky fixací. Jednotlivé mapy také byly analyzovány manuálním průzkumem a kvalitativním hodnocením různých jevů a strategií pohledu.

V této kapitole byla naměřená data vyhodnocena statisticky pro proměnné velikost písma a barevný rozdíl. Jednotlivá území mezi sebou statisticky hodnocena nebyla, jelikož je nelze porovnávat při použití jiných barevných rozdílů, jiných velikostí písma a jiné pozice vyhledávaného názvu. Nelze tak zjistit, zda případné horší výsledky na dané mapě vznikly různými tvary území a počtem administrativních jednotek v případě neunifikovaných území, nebo použitím na konkrétních barevných rozdílech.

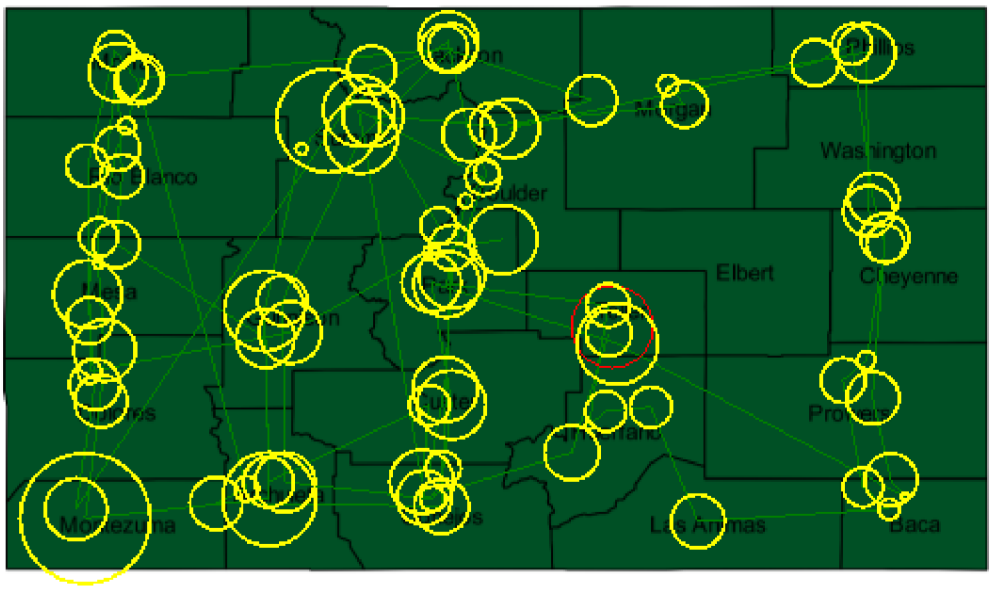
Celkem 28 participantů podstoupilo testování – 14 účastníků pro každou variantu. Dohromady v rámci testování tedy vzniklo 840 otestovaných map. Při použití šesti velikostí písma a pěti barevných rozdílů tak pro každou jednu velikost písma vzniklo 140, pro každý barevný rozdíl pak 168 unikátních vzorků dat pro každou z měřených metrik.

7.1 Předzpracování dat

Vzhledem k povaze dat bylo rozhodnuto, že pro některé analýzy budou odstraněny extrémní hodnoty, tzn. pro každou mapu nejvyšší a nejnižší naměřená hodnota dané charakteristiky. Toto odstranění hodnot bude však použito pouze analýz, kde může jejich vlivem docházet k narušení výsledků, jako například u statistických analýz kde jsou použity čas nalezení požadovaného názvu, nebo počet fixací. U jiných, jako například analýza strategie vyhledávání, tyto extrémní hodnoty výsledky nenaruší.

Jedná se o případy, kdy je možnost, že tyto extrémní hodnoty vznikly šťastnou, nebo naopak nešťastnou náhodou uživatelů a nikoli proměnnými na mapě. V některých případech totiž participanti v rozhovoru po testování uváděli, že některé z názvů našli náhodou velmi rychle. V dalších dvou případech pak došlo k zapomenutí vyhledávaného názvu. V jednom z těchto případů si účastník na tento název vzpomněl v průběhu procházení mapy, ve druhém pak jiný účastník v průběhu vyhledávání zvolil taktiku náhodného postupného klikání na

jednotlivé názvy, přičemž se po čase trefil na správné území. V průběhu procházení dat pak bylo zjištěno, že v několika málo dalších případech docházelo ke zmatenosti účastníků, omylům, selektivní sleposti a podobně. V takových případech požadovaný název přehlédli či neviděli a následně přešli od systematického vyhledávání k náhodnému procházení mapy, což značně zvýšilo čas odpovědi a počet fixací. V těchto případech tedy lze předpokládat, že naměřené hodnoty nejsou výsledkem některé ze zjišťovaných proměnných, ale nepozornosti uživatele nebo prvkem náhody. Příklad nešťastného vyhledávání můžeme vidět na obrázku 11, kde měl účastník za úkol naleznout administrativní jednotku s názvem Elbert (snímek pořízen po 17,55 vteřinách, název nalezen v 19,16 vteřinách). Přesný důvod, proč účastník takto ignoroval tento konkrétní název, není znám. Lze to však případně přisuzovat spíše tvaru území a pozici vyhledávaného názvu, než použité velikosti písma a barevného rozdílu. Přestože takováto pozorování nebyla v průběhu experimentu běžná a jednalo se o ojedinělé a náhodné případy, tyto hodnoty byly v rámci konzistence dat odstraněny z každé jedné mapy. Předpokládá se totiž, že není-li v datech chybovost, průměrná hodnota na dané mapě se příliš nezmění (medián zároveň zůstane stejný) a odstranění v takovém případě tedy data nenaruší. V případě, že v datech takováto chyba je, její odstranění přispěje ke zlepšení kvality dat. A nakonec v případě, že na jedné mapě nastaly dvě či více chybných extrémních situací na jedné straně osy, odstraněním alespoň jedné z nich tak dojde ke zkvalitnění dat alespoň částečnému. Proto toto řešení považuji za nejvhodnější.



Obr. 11. Vyhledávání názvu Elbert po 17,55 vteřinách účastníkem Subjekt_210. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 30$, velikost písma 11b, unifikované území

V rámci průzkumu trajektorií pohledu se před samotným zpracováním dat ukázalo, že data 7 z 28 účastníků vykazovala chybovost. Z těchto 7 účastníků 5 uvedlo oční vadu (4 krátkozrakost, 1 dalekozrakost). Brýle v době experimentu z nich však měli nasazeny pouze 3 účastníci. Chybovost se v některých případech projevovala náhodnými, velmi krátkými fixacemi v rámci obrazovky. Přičemž nebylo možné určit konkrétní důvod těchto náhodných fixací, jelikož se i v rámci jednoho účastníka vyskytovaly v různých částech obrazovky. Zdrojem těchto chyb tedy nebyla špatná kalibrace přístroje. U takto naměřených dat však nebylo možné relevantně určit strategii vyhledávání a proto byly z analýzy trajektorie pohledu vyřazeny. Zároveň bylo v rámci statistických analýz přistoupeno k vyřazení všech fixací s délkou menší než 40 ms. Ukázalo se totiž, že takto krátké fixace jsou takřka ve všech případech právě chybové. Zároveň se tím tak zpřesnily metriky počtu a délky fixací a tato data tak byla použitelná pro analýzy.

Kvůli chybovosti fixací u několika uživatelů také nebylo možné provést statistickou analýzu pro metriku rychlost cesty pohledu. Chybné fixace na náhodná místa obrazovky totiž výrazně prodlužovaly délku trajektorie pohledu, pomocí které byla rychlost cesty pohledu vypočítána. Toto prodloužení bylo v mnoha případech, na základě manuální kontroly dat, i několikanásobné oproti reálné délce cesty pohledu. To potvrdily i nereálné vysoké hodnoty výsledků této analýzy. Přestože vyřazením nejkratších fixací byla pravděpodobně většina těchto případů eliminována, každá jedna chybná fixace by měla stále značný vliv na výsledky pro danou mapu. Od analýzy rychlosti cesty pohledu tedy bylo odstoupeno, jelikož riziko chybných výsledků této analýzy bylo považováno za příliš vysoké. Analýza počtu a délky fixací však zůstala zachována, jelikož případná existence několika chybných fixací v rámci dat u těchto metrik by měla vliv stále velmi malý.

7.2 Analýza statistických dat

V rámci zpracování výsledků byla provedena řada analýz, na jejichž základě došlo k potvrzení či vyvrácení hypotéz experimentu. Pro analýzy byly pouze snímky s mapovými podklady – nikoli tedy snímky se zadáním vyhledávaného názvu nebo s fixačním křížem. Přesnost odpovědí v této práci zkoumána nebyla, jelikož všichni participanti dokázali najít všechny názvy správně v časovém limitu.

Rozdíly mezi skupinami účastníků byly zjišťovány pomocí Kruskal-Wallisova testu. Mezi skupinami mužů a žen nebyly v rámci dat nalezeny statisticky významné rozdíly. Stejně tak se významně nelišily výsledky skupin expertů a non-expertů.

Jak bylo již zmíněno výše v kapitole *8.3 Struktura experimentu*, byly vytvořeny dvě varianty experimentu se shodnými úkoly, avšak v opačném pořadí. Pro další analýzy bylo nutné nejdříve zjistit povahu dat, respektive jestli se jedná o normální rozložení dat či nikoliv. Z výsledků t-testu k tomu určenému, pro jednotlivé varianty i spojenou verzi, nebylo na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ zjištěno normální rozložení (tabulka 3). Stejně tak byly udělány t-testy dat pro každou hypotézu, jelikož dále s nimi bude částečně pracováno odděleně a zároveň mají data pro každou z nich odlišný charakter. Ani zde však nebylo zjištěno normální rozdělení.

Tab. 3. Vybrané charakteristiky analýzy normálního rozložení dat průměrných časů odpovědí v rámci jednotlivých variant datových sad a hypotéz

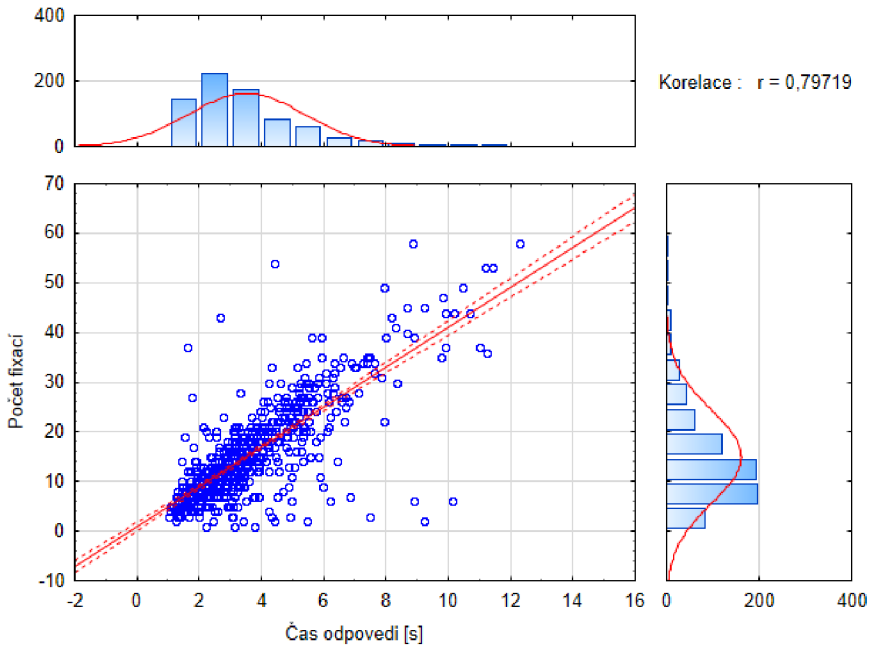
	Průměr	Směrodatná odchylka	Směrodatná chyba	t	p
Varianta 1	3,574	1,095	0,200	17,885	**0,000**
Varianta 2	3,390	0,940	0,171	19,750	**0,000**
Spojené varianty	3,481	0,986	0,180	19,343	**0,000**
Hypotéza 1	3,320	0,813	0,210	15,825	**0,000**
Hypotéza 2	3,642	1,139	0,294	12,384	**0,000**

Následně bylo pro další analýzy potřeba data z těchto variant sloučit do jedné datové sady. Nejdříve tedy bylo nutné tyto varianty vůči sobě porovnat a zjistit, jestli mezi oběma sadami dat existuje statisticky významný rozdíl a lze s nimi tedy pracovat dohromady. Jelikož bylo zamítnuto normální rozložení dat, k tomuto účel byl zvolen neparametrický Kruskal-Wallisův ANOVA test porovnávající statisticky významné rozdíly v rámci celé sady dat. Z výsledků tohoto testu ($H = 0{,}89$, $p = 0{,}346$) je nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantami testu.

Datové sady obou variant spolu tedy do značné míry korelují, přesto mezi nimi lze najít rozdíly. Při vytvoření grafu korelace a hlubší analýze konkrétních největších rozdílností však bylo zjištěno, že se jedná o náhodné případy – v rámci sebe se liší velikostí písma, barevným rozdílem, územím, rozložením v rámci experimentu a společné prvky nebylo možné naleznout ani v porovnání charakteristik s předchozí mapou v pořadí. Vzhledem k nenalezení trendu mezi rozdíly a kognitivnímu charakteru dat lze dojít k závěru, že mezi

variantami významné odlišnosti nejsou, s oběma variantami lze pracovat v jedné datové sadě a zároveň že v rámci experimentu nemělo pořadí stimulů vliv na výsledky.

Dále byla zjišťována korelace mezi průměrnými časy pro nalezení požadovaného názvu a počtem fixací. Korelační koeficient v tomto případě vyšel r = 0,797. Průměrný čas odpovědi a počet fixací spolu tedy do značné míry souvisí. Analýzy ale přesto byly dělány pro každou z těchto veličin zvlášť, pro porovnání zda korelace znamená kauzalitu. Grafy korelace pro metriky časy odpovědí a počtem fixací můžeme vidět na obrázku 12. Při bližším prozkoumání dat bylo zjištěno, že největší rozdíly od trendové křivky vykazovaly mapy s nejmenším písmem a nejmenším barevným rozdílem. Touto problematikou se ale bude zabýváno níže v rámci analýz velikosti písma a barevného rozdílu.



Obr. 12. Korelace mezi průměrným časem nalezení odpovědi a počtem fixací

Pro další analýzy byl opět zvolen neparametrický Kruskal-Wallisův ANOVA test. Tento test byl použit také v původní studii. V rámci statistiky byly vybrány tři ze základních naměřených statistických ukazatelů efektivity – čas odpovědi, počet fixací a délka fixací. Na základě počtu fixací a času odpovědi pak byla vypočítána frekvence fixací. Rychlost cesty pohledu se ukázala jako nevyhovující vzhledem k chybovosti části dat, viz kapitola *9.1 Předzpracování dat*. Z výsledků můžeme vidět, že v rámci velikosti písma je na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ statisticky významný rozdíl v datech ve všech analyzovaných metrikách. Oproti tomu barevný rozdíl pro všechny velikosti písma dohromady statisticky významné výsledky vykazuje pouze u času odpovědi.

Tab. 4. Výsledky Kruskal-Wallisova testu porovnávající proměnné velikost písma a barevný rozdíl s tučně vyznačenými statisticky významnými výsledky

	Čas odpovědi		Počet fixací		Délka fixací		Frekvence fixací	
	H	p	H	p	H	p	H	p
Velikost písma	104,14	**0,000**	46,59	**0,000**	23,77	**0,000**	25,46	**0,000**
Barevný rozdíl	15,77	**0,003**	7,70	0,105	3,75	0,441	4,28	0,369
BR* – velikost 4	10,95	**0,027**	7,82	0,098	4,45	0,347	4,94	0,293
BR* – velikost 7	25,52	**0,000**	15,50	**0,004**	5,19	0,268	2,55	0,637
BR* – velikost 8	40,24	**0,000**	30,65	**0,000**	3,83	0,428	7,24	0,123
BR* – velikost 10	14,55	**0,005**	9,66	**0,046**	2,29	0,683	4,29	0,368
BR* – velikost 11	13,84	**0,008**	7,01	0,135	0,75	0,945	6,08	0,193
BR* – velikost 14	2,74	0,602	5,62	0,229	1,59	0,810	4,57	0,334

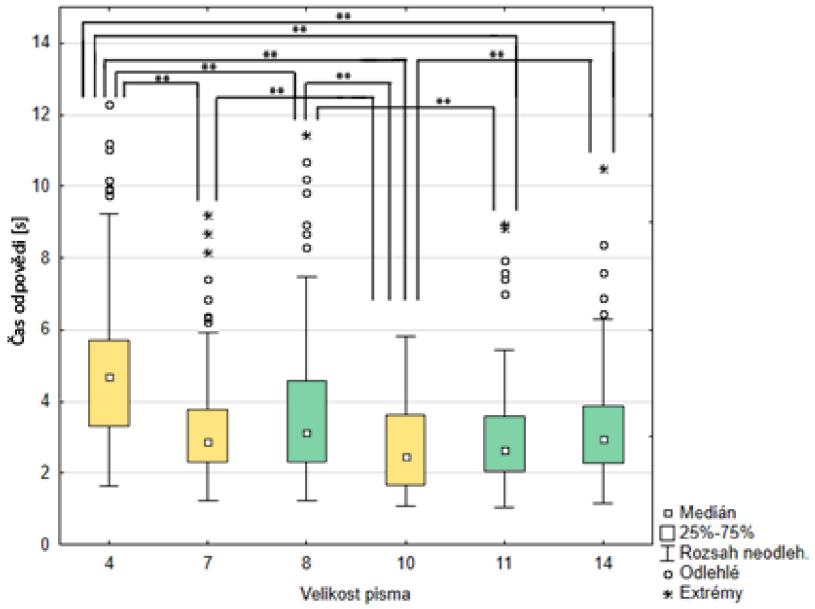
BR = Barevný rozdíl*

7.2.1 Statistická analýza velikosti písma

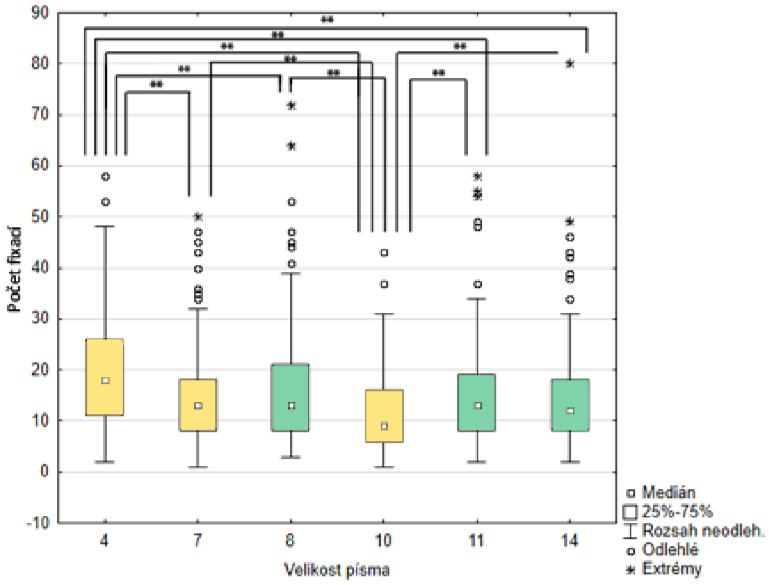
První ze zkoumaných veličin v rámci charakteristik byla velikost písma. V rámci experimentu bylo použito 6 velikostí písma, každé právě jednou na každém barevném pozadí.

Již ze začátku je potřeba podotknout, že různé velikosti písma byly na dvou různých typech tvarů území pro každou z hypotéz (unifikovaná – velikosti 8b, 11b a 14b; a neunifikovaná – 4b, 7b a 10b).

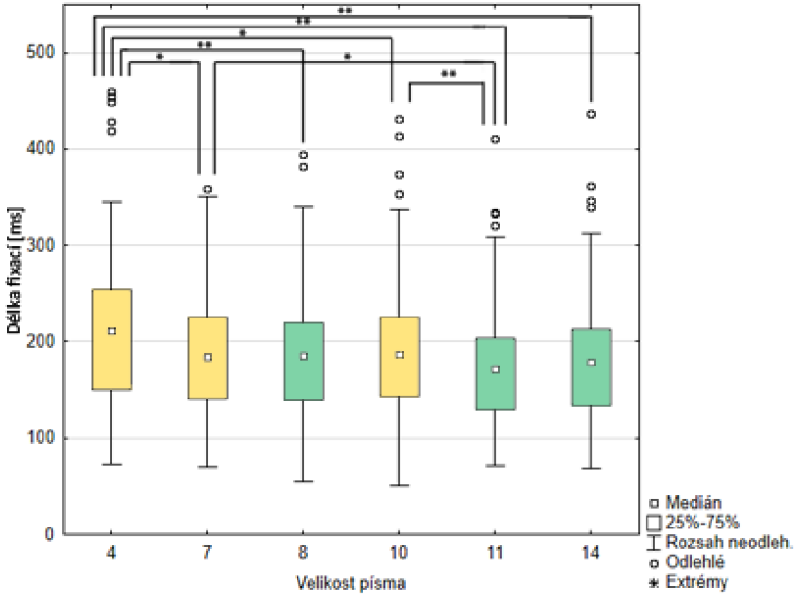
Pro další analýzu statisticky významných rozdílů byl pro porovnání konkrétních velikostí použit opět použit Kruskal-Wallisův ANOVA test. Další možností by byl například Mann-Whitneyův U-test, který dosahoval shodných výsledků. Pomocí těchto testů byla zjištěna řada statistických významností mezi jednotlivými velikostmi (tabulka 4). V případech času odpovědí byla statistická významnost na hladině α = 0,01 zjištěna mezi velikostí 4b a všemi ostatními a mezi velikostí 10b a všemi ostatními kromě velikosti 11b. Statisticky významné rozdíly mezi velikostmi na hladině významnosti α = 0,01 u počtu fixací byly opět pouze mezi velikostí 4b a všemi ostatními a velikostí 10b a všemi ostatními. U délky fixací se pak jednalo o statisticky významné rozdíly na hladině α = 0,05 mezi velikostmi 4b a 7b, 4b a 10b, 7b a 11b. Na hladině významnosti α = 0,01 se pak jednalo o velikost 4b a zbývající kombinace s velikostmi 8b, 11b a 14b a také velikostmi 10b a 11b. Grafy s daty jednotlivých metrik se zaznačenými statisticky významnými rozdíly na hladině významnosti α = 0,05 (*) a α = 0,01 (**) lze vidět na obrázcích 13, 14 a 15.



Obr. 13 Graf časů odpovědí pro jednotlivé velikosti písma se zaznačenými statisticky významnými rozdíly a tvary území (unifikované = zelené, neunifikované = oranžové)



Obr. 14. Graf počtu fixací pro jednotlivé velikosti písma se zaznačenými statisticky významnými rozdíly a tvary území (unifikované = zelené, neunifikované = oranžové)



Obr. 15. Graf délky fixací pro jednotlivé velikosti písma se zaznačenými statisticky významnými rozdíly a tvary území (unifikované = zelené, neunifikované = oranžové)

Z výsledků můžeme vysledovat několik údajů. Mezi nejvýraznější z nich patří statisticky významné výsledky velikosti písma 4b ve všech případech každé z metrik, většinou dokonce na hladině významnosti $\alpha = 0{,}01$. Při porovnání s grafy pak vidíme, že se jednalo o výsledky významně horší než u zbylých měřených velikostí. Na mapách s touto

velikostí písma účastníci nejdéle hledali požadovanou odpověď a dosahovali nejvyššího počtu fixací, které byly zároveň nejdelší. Ze všech těchto statistik je patrné, že účastníci jednotlivé názvy s touto velikostí písma déle vyhodnocovali a měli problémy je přečíst.

Další velikostí písma, která se v mnoha případech statisticky lišila od ostatních, je velikost 10b. V počtu fixací dosahovala statisticky významně lepších výsledků než ostatní velikosti. U časů odpovědí pak dosahovala významně lepších výsledků také, avšak mezi velikostí 11b tento rozdíl nebyl statisticky významný. Z grafů času odpovědí a počtu fixací také můžeme vidět, že na rozdíl od většiny ostatních byly odpovědi na mapách s touto velikostí poměrně konzistentní, s žádným nebo malým množstvím odlehlých hodnot. Na rozdíl od velikosti 4b se tedy velikost 10b na základě statistiky jeví jako velmi efektivní.

U délky fixací pak nejefektivnějších odpovědí dosahovala velikost 11b. Rozdíl však nebyl statisticky dostatečně signifikantní vůči velikostem na 8b a 14b, také na unifikovaných územích. Při porovnání velikostí 10b a 11b tedy můžeme vidět, že přestože při velikosti 10b účastníci dosahovali o něco rychlejšího nalezení výsledků, u velikosti 11b dokázali za kratší dobu vyhodnotit, na co se dívají. Příčinu tohoto jevu se nepodařilo zjistit, může se tak ale dít na základě tvaru území, kdy na unifikovaných územích s velikostí 11b, oproti neunifikovaným územím s použitou velikostí 10b, uživatelé postupovali více systematicky, což mohlo vést k rychlejšímu vyhodnocování jmen, avšak vzhledem k rozložení názvů v rámci mapy k pomalejšímu dosažení výsledků. Rozdíly mezi strategiemi vyhledávání na unifikovaných a neunifikovaných jsou detailněji popsány dále v kapitole *7.3 Analýza trajektorie pohledu*.

Právě tvar území, respektive rozdíl mezi unifikovanými a neunifikovanými územími, se ve statistických výsledcích ukázal jako poměrně významný faktor. Zároveň ze statistických výsledků vyšly velikosti 4b a 10b jako signifikantně odlišné od ostatních, přičemž obě tyto velikosti byly použity na mapách s neunifikovanými tvary území. V počtu fixací jsou kombinace těchto velikostí se všemi ostatními dokonce jediné statisticky významně odlišné výsledky. Třetí použitou velikostí na tomto typu území byla velikost 7b, která však ve většině případů dosahovala výsledků podobných s daty z unifikovaných území. O velkých odlišnostech mezi daty z neunifikovaných území vůči sobě navzájem svědčí i fakt, že jediným případem, kdy nedochází ke statisticky významně rozdílným výsledkům jsou délky fixací mezi velikostmi 7b a 10b.

Oproti tomu data z unifikovaných tvarů území jsou vůči sobě poměrně konstantní. Jediným statisticky významným rozdílem v této skupině dat je v případě kdy u časů odpovědi velikost 11b dosahuje výrazně lepších výsledků oproti velikosti 8b. Avšak přestože v ostatních případech v této skupině dat rozdíl není statisticky významný, velikost 11b stále

dosahuje ve všech zjišťovaných statistikách o něco lepších výsledků a lze ji tedy považovat na unifikovaných datech za nejefektivnější, což odpovídá i výsledkům v původní studii.

V porovnání dat mezi skupinami unifikovaných a neunifikovaných území nelze brát do úvahy velikosti 4b a 14b, jelikož nemají ani přibližný ekvivalent ve druhé skupině. Naměřená data pro velikosti 7b, 8b, 10b a 11b však teoreticky porovnat lze. V případě, že by mezi unifikovanými a neunifikovanými tvary území nebyl rozdíl, lze předpokládat, že naměřená data budou vykazovat určitý trend. Z grafů výše však vidíme, že jednotný trend vyčíst nelze. Odlišná je v těchto případech především hodnota 8b, která dosahuje v časech odpovědí i počtech fixací horších výsledků než sousední velikosti 7b i 10b. Zároveň statisticky významné rozdíly mezi velikostmi 10b a 11b v počtu i délce fixací neodpovídají tomuto předpokladu, jelikož jsou si tyto velikosti poměrně podobné – jak je již zmíněno výše v kapitole *4.1 Velikost písma*, 1 typografický bod odpovídá velikosti 0,376 mm. Není tedy pravděpodobné, že by takto malý výškový rozdíl způsobil statisticky významné výsledky, obzvláště v kontextu ostatních dat. Hlavním rozdílem tedy byly právě tvary jednotlivých území a vlastnosti s nimi spojené.

Vzhledem k rozdílnému charakteru dat jak uvnitř každé skupiny dat unifikovaných i neunifikovaných tvarů území, tak v rozdílech mezi těmito skupinami, na základě statistické analýzy může být řečeno, že tvar území má vliv na výsledky. Níže, v kapitole *7.3 Analýza trajektorie pohledu*, bude zkoumán také vliv tvaru území na strategii vyhledávání účastníky.

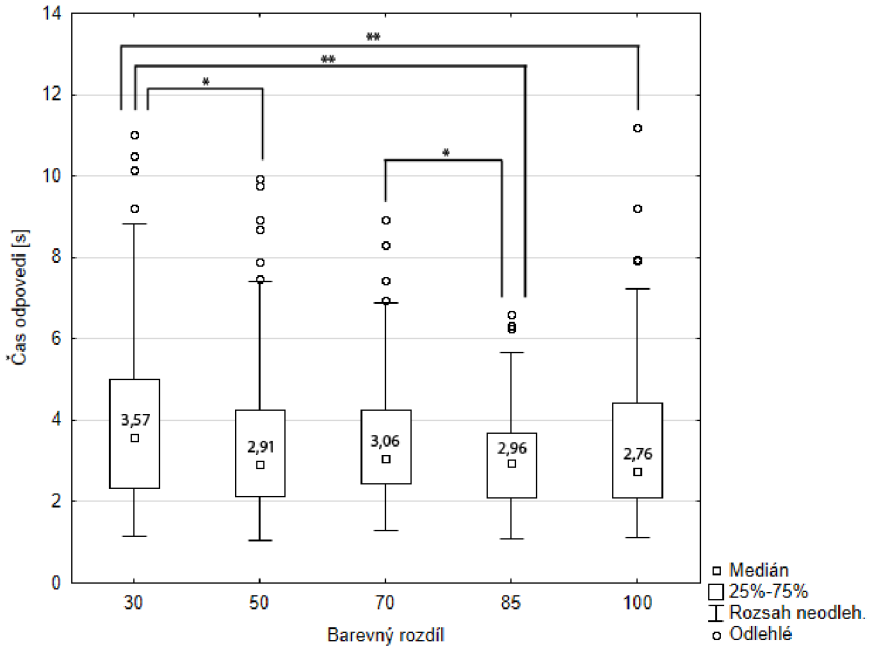
7.2.2 Statistická analýza barevného rozdílu

Druhou zkoumanou proměnnou byl barevný rozdíl mezi písmem a pozadím. Na mapách bylo použito celkem 5 různých barevných rozdílů, přičemž každá velikost písma byla v kombinaci s každým barevným pozadím právě jednou. Jak je popsáno již v kapitole 4.*2 Barva a vybrané barevné prostory*, platí, že čím větší hodnotu ΔE_{00} má, tím větší barevný rozdíl oproti černému textu barva má (v tomto případě jednodušeji řečeno – tím světlejší pozadí je).

Nejprve byla zjišťována přítomnost rozdílů pro jednotlivé metriky pro všechna data, nehledě na velikost písma. Ke zjišťování statisticky významných odlišností byl použit opět Kruskal-Wallisův ANOVA test. V tabulce 4 můžeme vidět, že významně se data liší pouze u časů odpovědí.

V rámci dalších analýz byly zjišťovány rozdíly mezi konkrétními velikostmi. Pomocí dalších Kruskal-Wallisových testů byly zjištěny statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$ mezi barevnými rozdíly $\Delta E_{00} = 30$ a $\Delta E_{00} = 50$, $\Delta E_{00} = 70$ a $\Delta E_{00} = 85$

a na hladině významnosti $\alpha = 0{,}01$ mezi barevnými rozdíly $\Delta E_{00} = 30$ a $\Delta E_{00} = 85$ a mezi $\Delta E_{00} = 30$ a $\Delta E_{00} = 100$. Jednotlivé rozdíly, stejně jako rozdělení naměřených hodnot časů odpovědí a hodnotami mediánů můžeme vidět na obrázku 16.



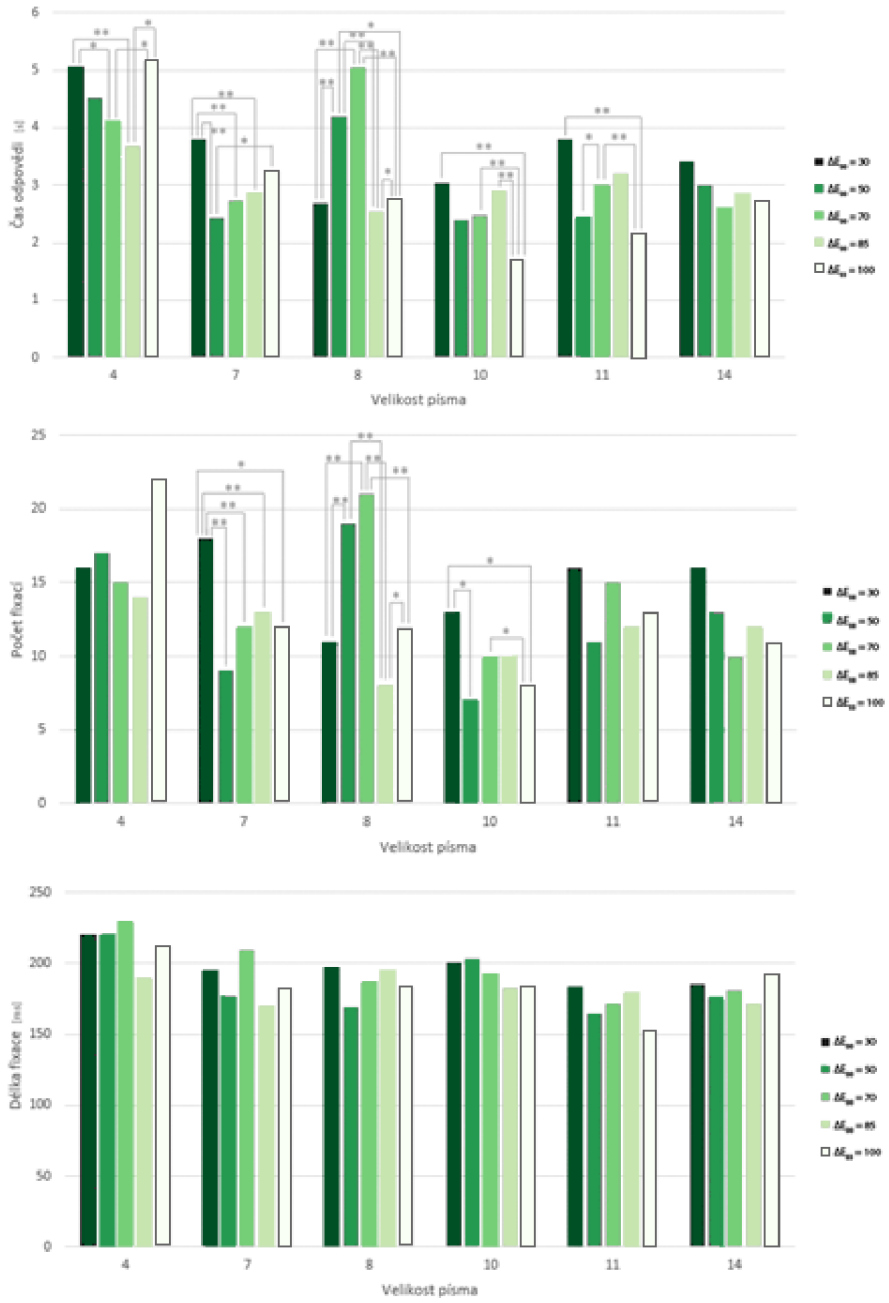
Obr. 16. Graf časů odpovědí pro jednotlivé barevné rozdíly se zaznačenými statisticky významnými rozdíly

Z výsledků časů odpovědí je patrné, že nejrychlejších časů odpovědí účastníci dosahovali na mapách s barevným rozdílem $\Delta E_{00} = 85$. Poměrně efektivní se jeví také největší barevný rozdíl, tedy $\Delta E_{00} = 100$. U map s tímto barevným rozdílem však docházelo k poměrně velkému rozpětí dat, přestože mediánová hodnota je nejnižší, zatímco naměřené hodnoty pro $\Delta E_{00} = 85$ byly více konzistentní.

Z absence statisticky významných rozdílů mezi hodnotami počtu a délky fixací, stejně jako nižšího počtu statisticky významných výsledků u časů odpovědí, může být řečeno, že barevný rozdíl má vliv na výsledky vyhledávání účastníků, avšak ne tak velký, jako tomu bylo u velikosti písma.

Dále byly zjišťovány statistické odlišnosti dat pro barevné rozdíly pro jednotlivé velikosti písma zvlášť. V tomto případě nezáleží na tvarech území, jelikož naměřené hodnoty pro každý barevný rozdíl jsou vždy z poloviny z unifikovaných tvarů území, z druhé poloviny pak z tvarů území neunifikovaných.

Pro analýzu byl opět použit Kruskal-Wallisův test, jehož výsledky můžeme vidět v tabulce 4. Mediánové hodnoty jednotlivých barevných rozdílů pro každou velikost písma, spolu se zaznačenými statisticky významnými rozdíly, pak na grafech na obrázku 17.



Obr. 17. Grafy mediánů zjišťovaných metrik pro každou velikost písma a barevný rozdíl se zaznamenanými statisticky významnými hodnotami

Na grafu časů odpovědí pro jednotlivé velikosti písma a barevné rozdíly můžeme vidět řadu statisticky významných rozdílů. Z tohoto grafu však nelze vyčíst jednotný trend nebo tendence, jako je tomu například u grafu časů odpovědí na obrázku 16, na kterém je zkoumána stejná metrika, pouze pro data souhrnně a nikoli rozdělená podle jednotlivých velikostí písma. Z tohoto grafu lze však například názorněji vidět rozptyl hodnot barevných rozdílů, kdy jsou například mediány barevného rozdílu $\Delta E_{00} = 30$ poměrně variabilní, zatímco mediány $\Delta E_{00} = 85$ vykazují daleko více konzistentnější hodnoty.

Graf počtu fixací pak do značné míry koreluje s grafem časů odpovědí. Respektive u většiny mediánů platí přímá úměra, která říká (poměrně logicky) že čím delší čas odpovědi, tím více fixací. Nicméně statistická významnost se v rámci grafů liší. Tento fakt je patrný především u velikostí písma 4b a 11b, kdy se některé časy odpovědí v rámci barevných rozdílů statisticky liší, avšak mezi počty fixací statisticky významné odlišnosti nejsou.

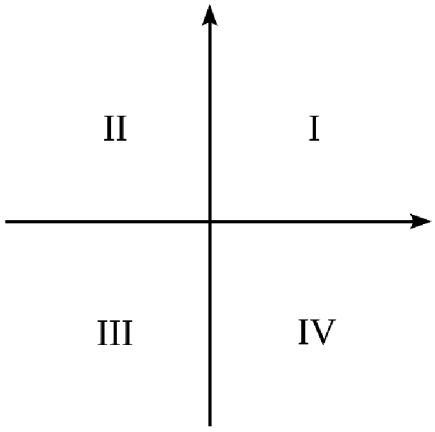
V rámci délky fixací nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. Na základě tohoto faktu lze vyvodit závěr, že barevný rozdíl mezi popisem a pozadím nemá vliv na délku fixací.

Takto komplexní data statistických rozdílů a mediánů pro každou jednu kombinaci dále mohou sloužit jako podklady pro následné zkoumání. Jelikož každý sloupec grafu odkazuje na jednu určitou mapu, lze v rámci analýzy trajektorie pohledu zjišťovat důvody konkrétních údajů. Poměrně překvapivými jsou například v grafech časů odpovědí a počtu fixací hodnoty barevného rozdílu $\Delta E_{00} = 100$ u velikosti písma 4b, kde mediány dosahují nečekaně vysokých hodnot, nebo množství statisticky významných výsledků u časů odpovědí i počtu fixací v rámci velikosti 8b. Díky trajektoriím pohledu tak může být například zjišťováno, jestli poloha nebo velikost území vyhledávaného názvu měla vliv na výsledky.

7.3 Analýza trajektorie pohledu

Další z možných analýz, která byla také již dříve několikrát zmiňována, je analýza trajektorie pohledu. Díky vizualizacím jednotlivých drah pohledu každého účastníka v programu OGAMA tak můžeme vidět konkrétní strategie vyhledávání, které účastníci při prohledávání používali. Data 7 z 28 účastníků bohužel nebylo možno použít pro analýzu trajektorií pohledu, jak je popsáno již výše v kapitole *7.1 Předzpracování dat*. Po manuálním prohlédnutí dynamické vizualizace dat bylo zaznamenáno několik trendů a několik zajímavých poznatků.

V rámci strategie vyhledávání bylo nejdříve zkoumáno, v jaké části mapy uživatelé nejčastěji začínají požadovaný název vyhledávat. Všechny mapy tedy byly rozděleny do čtyř kvadrantů podle kartézské soustavy souřadnic (obrázek 18) se středem ve středu obrazovky – tedy v pozici fixačního kříže a požadovaném výchozím bodu pozice pohledu. Následně bylo zjišťováno, ve kterém kvadrantu byly zaznamenány první fixace. U velmi nepravidelných neunifikovaných tvarů území pak bylo rozdělení do kvadrantů přizpůsobeno konkrétnímu tvaru. Vesměs tak bylo rozdělováno na vrchní a spodní, respektive pravou a levou polovinu území samotného. V případě, že uživatel začal vyhledávat na hranici dvou kvadrantů, počítal se ten, který začal prohledávat poté. Zároveň nebyly brány v potaz případy, kdy účastník v daném kvadrantu prozkoumal pouze jeden název a následně začal prohledávat mapu systematicky a konkrétněji v jiném kvadrantu.



Obr. 18. Rozložení a očíslování kvadrantů v kartézské soustavě souřadnic
(Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cartesian-coordinate-system-with-quadrant.svg)

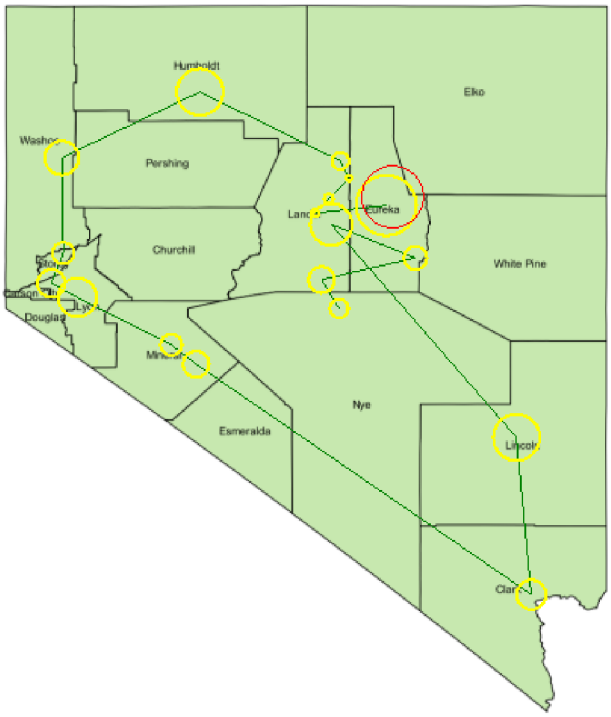
Po této analýze dat 21 zbývajících účastníků (tedy 630 vzorků map) bylo zjištěno, jak můžeme vidět v tabulce 5, že na více než 45% map uživatelé začínali území prohledávat ve II. kvadrantu – tedy vlevo nahoře. V rámci unifikovaných území odsud začínali uživatelé dokonce ve více než polovině případů, v případě neunifikovaných pak v necelých 40%. U neunifikovaných území oproti unifikovaným naopak začínali uživatelé prohledávat častěji v I. a III. kvadrantu, tedy vpravo nahoře a vlevo dole. Naopak ve IV. kvadrantu, vpravo dole, začínali uživatelé vyhledávat vždy nejmíň, ve 12% případů, shodně pro unifikované i neunifikované mapy.

Tab. 5. Procentuální zastoupení prvotního prohledávání území pro jednotlivé kvadranty

	I. kvadrant	II. kvadrant	III. kvadrant	IV. kvadrant
Celkem	19,7%	45,4%	22,9%	12,0%
Unifikovaná území	17,1%	51,4%	19,3%	12,0%
Neunifikovaná území	22,2%	39,4%	26,3%	12,0%

Nejčastější začátek prohledávání území ve II. kvadrantu dává logicky smysl, jelikož právě vlevo nahoře se v našem prostředí začíná číst psaný text a pro uživatele je tedy pravděpodobně přirozené zde začínat číst i mapu, plánují-li ji systematicky prohledávat.

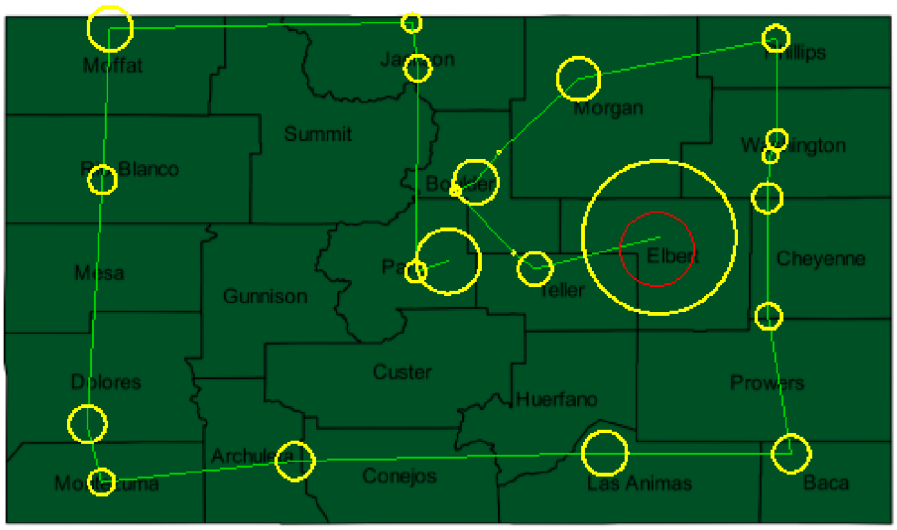
Rozdíly mezi unifikovanými a neunifikovanými daty je pak dán do značné míry tvarem území. Na unifikovaných datech kromě II. kvadrantu převládal také trend nejbližšího názvu od středu, kdy účastník fixoval nejprve na něj a další názvy vyhledával ve směru tohoto nejbližšího názvu v rámci zvolené strategie. V případě neunifikovaných dat pak účastníci velmi často začínali vyhledávat v atypických, snadno zapamatovatelných a vyhodnotitelných okrajových částech území, jako například na obrázku 19.



Obr. 19. Vyhledávání administrativní jednotky Eureka účastníkem Subjekt_104. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 85$, velikost písma 7b, neunifikované území

Na obrázku 19 vidíme také příklad faktu, kdy účastníci dávali přednost zvolenému vzorci vyhledávání před náhodným pozorováním. Z obrázku můžeme vyčíst, že účastník během prvních 4 fixací pravděpodobně vyhodnocoval periferním viděním tvar území a vhodný počátek vyhledávání, aniž by se soustředil na konkrétní názvy. Přestože byl pohledem velmi blízko vyhledávanému názvu, na konkrétní jména se začal soustředit až po zvolení strategie. Tento jev byl pozorován u většiny účastníků, nehledě na prohledávaný tvar území, proměnné nebo kvadrant počátku vyhledávání. Zvolená strategie pak byla, až na několik málo výjimek, také ve většině případů shodná. Zároveň nebyl zjištěn jakýkoli vliv velikosti písma nebo barevného rozdílu na volbu vyhledávací strategie. Účastníci, poté co zvolili směr, se pohledem dostali na okraj území. Často se jednalo o nejbližší okraj od výchozí pozice pohledu ve středu obrazovky. Následně území prozkoumávali systematicky právě podél okraje. Příklad této strategie můžeme vidět na obrázku 20. Phillips (1981) v jedné ze svých prací popisuje, že účastníci v rámci experimentu vyhledávali primárně na základě nejbližšího neprozkoumaného názvu a nikoli na základě předem zvolené prostorově systematické strategie. V rámci testování v této diplomové práci však ve většině případů byla zvolená strategie dominantním způsobem vyhledávání. Vyhledávání pomocí nejbližších názvů bylo zaznamenáno pouze v několika málo případech.

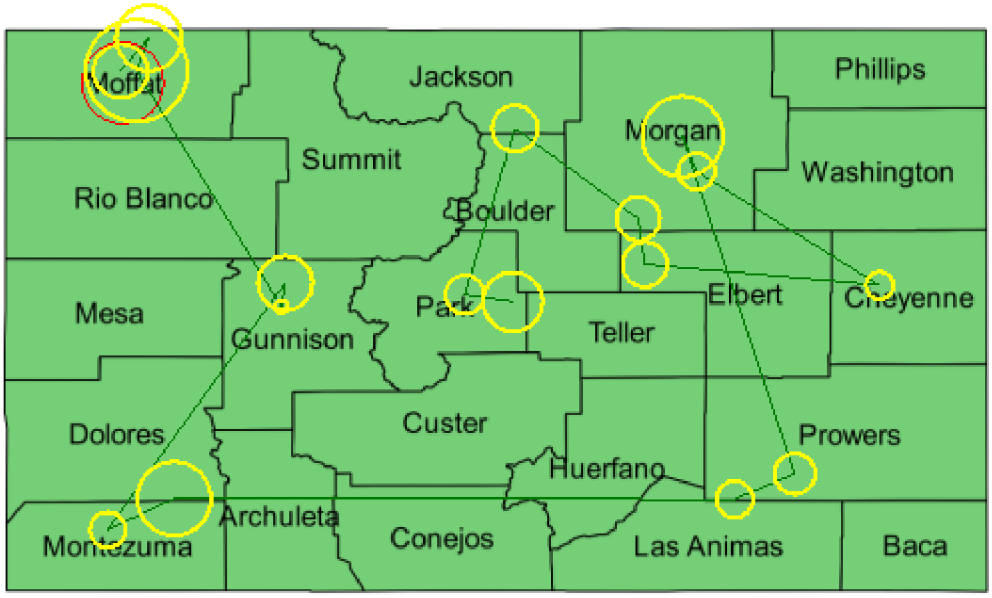
Dále na obrázku 20 můžeme vidět další faktor, který byl pozorován v rámci dat celého experimentu, a totiž že tvar vnitřního členění administrativních jednotek většinou neměl vliv na vyhledávání, pokud bylo použité písmo přiměřeně velké ploše administrativní jednotky. V případě, že byla plocha jednotky příliš malá a její název při použití větší velikosti písma přesahoval hranice této jednotky, většinou to mělo za následek delší dobu fixace vzniklou horší čitelností. V případech, kdy byla naopak plocha administrativní jednotky velmi velká, bylo vypozorováno několik vzorců chování. V některých případech velké území přitahovalo pozornost, pravděpodobně díky jednoduché čitelnosti a snadnému vyhodnocení. V jiných bylo území naopak přehlédnuto bez jediné fixace (příklad možno vidět výše na obrázku 19 u administrativní jednotky Nye), což mohlo být způsobeno například vyhodnocením názvu periferním viděním účastníka, například na základě délky slova. Byly také zaznamenány případy, kdy odlehlejší velké administrativní jednotky byly opomíjeny a pozornost věnována shluku jednotek menších. V dalších případech pak velikost administrativní jednotky neměla vliv na strategii vyhledávání vůbec a název takové jednotky byl uživatelem vyhodnocen jako každý jiný, v rámci vzorce vyhledávání daného uživatele. Ani jedna z těchto strategií však nebyla výrazně převládající.



Obr. 20. Příklad systematického vyhledávání. Vyhledávání názvu Elbert účastníkem Subjekt_205. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 30$, velikost písma 11b, unifikované území

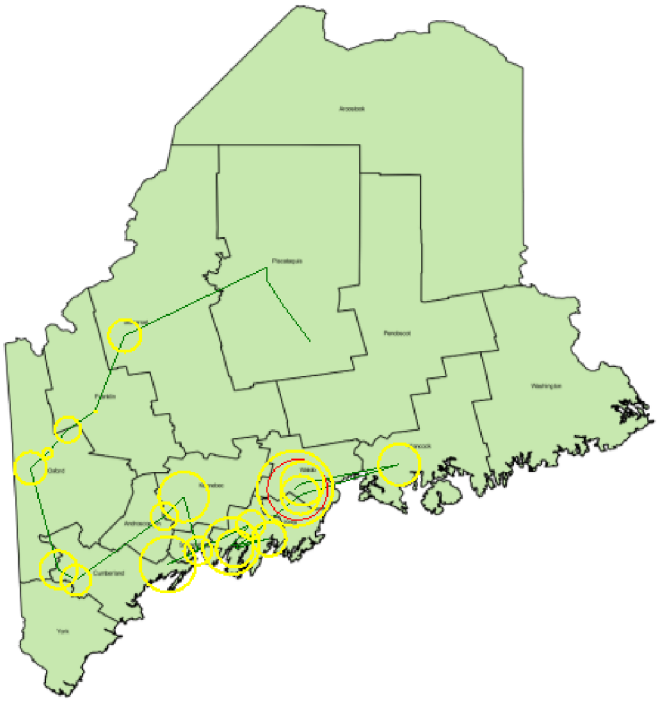
Dalším faktorem, který byl v rámci manuální kontroly dat sledován, byl vliv shody prvních písmen – tedy zda uživatelé trávili více času prozkoumáváním jmen se shodným počátečním písmenem, jako požadovaný název. Tento trend byl pozorován pouze v několika případech, kdy byly fixace na těchto názvech o něco delší oproti jiným na daném území. Takový příklad můžeme vidět na obrázku 21, kdy účastník vyhledával administrativní jednotku s názvem Moffat a v průběhu strávil delší čas vyhodnocováním administrativních jednotek Morgan a Montezuma o něco déle, než u ostatních názvů. Popřípadě se uživatelé k názvům se stejným počátečním písmenem v některých případech zpětně vraceli v rámci několika dalších fixací po jejich prvním vyhodnocení, aby se přesvědčili o správnosti svého vyhodnocení.

Obrázek 21 je také příkladem méně využívané strategie, kdy účastník nezvolil systematické vyhledávání, ale spíše náhodné prozkoumávání území.

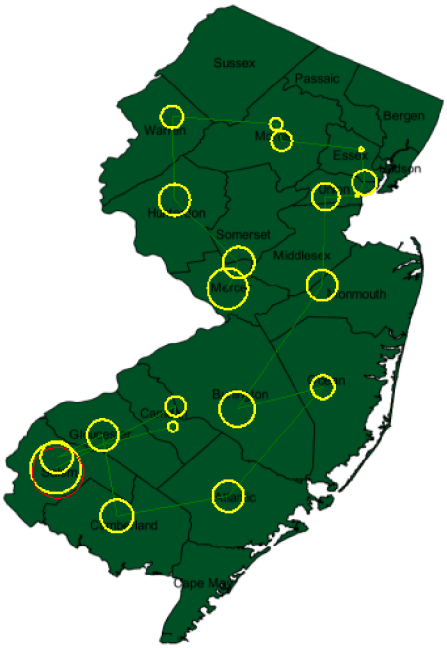


Obr. 21. Vyhledávání názvu Moffat účastníkem Subjekt_108. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 70$, velikost písma 14b, unifikované území

Detaily tvaru území se však neukázaly jako příliš významné. Účastníci měli za úkol vyhledávat dané názvy, proto se řídili jednotlivými jmény a nikoli konkrétními hranicemi administrativních jednotek nebo území. Bylo zjištěno, že členitost tvaru území měla vliv pouze v případě, že byl shluk administrativních jednotek u komplexnějších tvarů a zároveň bylo použito malé písmo. V takovém případě byla u většiny účastníků zjištěna vyšší koncentrace fixací, z nichž řada z nich byla, na rozdíl od ostatních měřených území, přímo na linie hranice a nikoli pouze na názvy. Území splňující tyto podmínky však bylo v rámci testování pouze jedno (obrázek 22). Nejvíce odlišný od ostatních a poměrně komplexní tvar území pak můžeme vidět na obrázku 23. Kvůli svému tvaru na tomto území účastníci často volili odlišnou strategii vyhledávání než na územích zbývajících.



Obr. 22. Příklad zvýšené koncentrace fixací na komplexněji členěném území. Vyhledávání názvu Waldo účastníkem Subjekt_202. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 85$, velikost písma 7b, neunifikované území

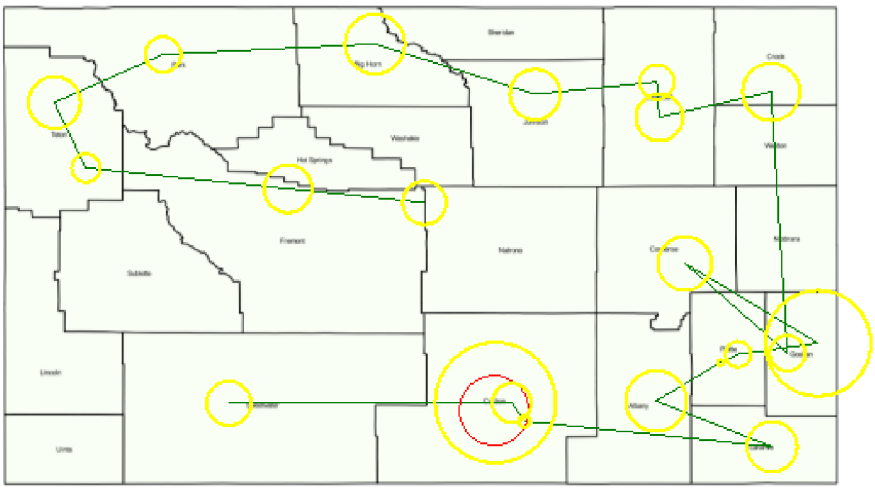


Obr. 23. Příklad strategie vyhledávání na tvarově odlišném území. Vyhledávání názvu Salem účastníkem Subjekt_114. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 30$, velikost písma 10b, neunifikované území

Přestože se jedná o zajímavé a potenciálně důležité poznatky, v rámci této diplomové práce k nim nelze vyvozovat jakékoli relevantní závěry. Strategie vyhledávání účastníků totiž byla zaměřena primárně na názvy administrativních jednotek, jejich hranicím tak bylo věnováno minimum pozornosti. Vliv komplexnosti a členitosti území na vyhledávací proces by bylo vhodné zkoumat samovolným pozorováním, kdy by bylo možné konkrétněji pozorovat, které prvky tvaru území přitahují pozornost účastníků. Vzhledem k designu experimentu v rámci původní studie nebylo možné v tomto případě relevantně vyhodnotit ani vliv počtu administrativních jednotek, přestože například Phillips (1978) v jedné ze svých prací počet názvů na prohledávaném území považuje za významný faktor.

V poslední části analýzy trajektorie pohledu by bylo vhodné se blíže seznámit s některými konkrétními, překvapivými výsledky statistických analýz. Jako podklad pro tato zkoumání jsou vhodné grafy mediánů pro každou jednu mapu na obrázku 17 v kapitole *7.2.2 Statistická analýza barevného rozdílu*.

Jedním z nečekaných výsledků je vysoká hodnota mediánu času odpovědi u velikosti písma 4b a barevném rozdílu ΔE00 = 100. Tato mediánová hodnota je zároveň nejvyšší v rámci všech velikostí u metriky času odpovědi i u počtu fixací. Vyhledávaný název Carbon se nacházel ve IV. kvadrantu (jako jediný z vyhledávaných názvů u velikosti 4b), jak můžeme vidět na obrázku 24. Za špatný výsledek tak může pravděpodobně do značné části právě pozice vyhledávaného názvu. Zároveň se jedná o území s největším počtem administrativních jednotek. Lze tedy dojít k závěru, že za špatné výsledky může specifická kombinace faktorů nejmenší velikosti písma, statisticky nejhorší pozice vyhledávaného názvu a nejvyšší počet administrativních jednotek na území.



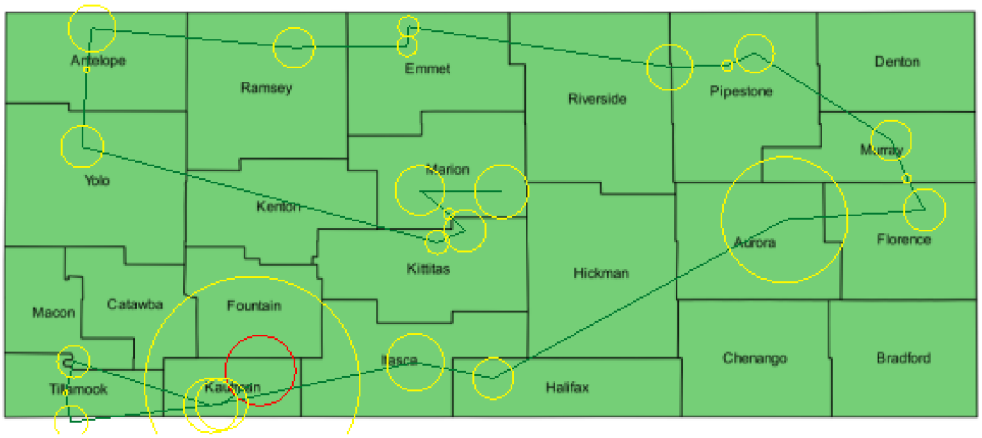
Obr. 24. Vyhledávání názvu Carbon účastníkem Subjekt_114. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 100$, velikost písma 4b, neunifikované území

Dalším zajímavým statistickým zjištěním bylo množství statisticky významných výsledků u velikosti písma 8b, kdy především u barevných rozdílů $\Delta E_{00} = 50$ a $\Delta E_{00} = 70$ dosahovaly mediány časů odpovědí a počtů fixací poměrně vysokých hodnot, u $\Delta E_{00} = 85$ pak naopak hodnot nízkých.

Konkrétní důvody nízké hodnoty mediánu u posledního zmíněného rozdílu bohužel nebyly zjištěny. Vyhledávaný název Mesa se nacházel na pomezí II. a III. kvadrantu, přičemž právě v těchto kvadrantech začínalo vyhledávat 16 z 21 (~76%) zjistitelných účastníků, což v mnoha případech způsobilo velmi rychlé nalezení požadovaného názvu. Ani tento fakt nebylo možné relevantně vysvětlit, jelikož ani vyhledávaná administrativní jednotka, ani jednotky v jejím okolí nebyly ničím výjimečné.

Naopak nejvyšší hodnota mediánu času odpovědi a počtu fixací u velikostí písma 8b byla naměřena při vyhledávání názvu Kaufman na barevném rozdílu $\Delta E_{00} = 70$. Data za jednotlivé účastníky vykazují poměrně značný rozptyl, kdy výsledky záležely na konkrétní zvolené strategii. Název se nacházel ve III. kvadrantu, jak můžeme vidět na obrázku 25. Řada účastníků název našla poměrně rychle, někteří však zvolili strategii podobnou té na obrázku, která čas nalezení a počet fixací značně zvětšila. Na vině může být i okolí názvu, kdy někteří účastníci prozkoumali nejdříve „oblouk“ názvů nad názvem vyhledávaným (administrativní jednotky Macon, Catawba a Fountain), jelikož tyto názvy se nacházely poměrně blízko sebe v jedné rovině a účastník tak mohl periferním viděním vyhodnotit, že je možno všechny tři zmíněné názvy efektivně v krátkém prozkoumat.

Poměrně špatné výsledky času odpovědi a počtu fixací pro barevný rozdíl $\Delta E_{00} = 50$ jsou způsobeny pravděpodobně opět pozicí vyhledávaného názvu ve IV. kvadrantu, tentokrát přímo v pravém dolním rohu. Data jsou pro všechny uživatele v tomto případě relativně konzistentní, jejich vysoká hodnota tak vznikla faktem, že všechny účastníky zvolené strategie prozkoumávaly tuto pozici v rámci území poměrně pozdě.



Obr. 25. Vyhledávání názvu Kaufman účastníkem Subjekt_207. Proměnné mapy $\Delta E_{00} = 70$, velikost písma 8b, unifikované území

Jelikož se v rámci velikosti 8b objevily jak nezvykle vysoké hodnoty, tak nečekaně nízké, lze výsledky na této velikosti jako celku stále považovat za relevantní v rámci porovnávání s jinými velikostmi.

Na závěr této podkapitoly považuji za důležité podotknout, že se jednalo o experiment v kontrolovaných podmínkách, kdy účastníci měli za úkol vyřešit velmi podobný úkol třicetkrát za sebou, což teoreticky mohlo mít vliv na zvolené strategie vyhledávání a za jiných, nekontrolovaných podmínek by možná docházelo k odlišným způsobům vyhledávání.

7.4 Analýza dotazníků

Po dokončení experimentu byl s každým účastníkem vyplněn dotazník s otázkami doplňujícími subjektivní pohled na experiment a problematiku velikosti písma a barevného rozdílu.

První dvě otázky se týkaly odhadovaného počtu použitých velikostí písma a barevných rozdílů na mapách:

1) *Kolik velikostí písma si myslíte, že bylo na mapách použito?*

a

2) *Kolik barevných rozdílů písma si myslíte, že bylo na mapách použito?*

Souhrnné výsledky odpovědí na tyto otázky všech 28 účastníků můžeme naleznout v tabulce 6. Zde můžeme vidět, kolik účastníků odpovědělo předpokládaný počet proměnných na mapách v rámci experimentu. Účastníci nebyli předem instruováni, aby se na tento aspekt v rámci testu zaměřovali, což dokazují také výsledky počtu správných odpovědí a prvotní reakce množství účastníků na tyto otázky, slovně potvrzujících absenci pozornosti věnované dotazované problematice.

Tab. 6. Počet účastníků odpovídajících určitý počet použitých daných proměnných na mapách experimentu, s tučně vyznačenými správnými odpověďmi

	Předpokládaný počet použitých proměnných podle participantů							
	2	3	4	5	6	8	15	20
Velikostí písma	1	8	14	2	**1**	1	1	0
Barevných rozdílů	1	7	12	**5**	2	0	0	1

U velikostí písma 14 z 28 účastníků (50%) uvedlo, že si v rámci testu vybavují 4 různé velikosti písma, 8 (~29%) z nich pak uvedlo pozorované velikosti 3. Správnou odpověď, tedy 6 použitých velikostí, odpověděl pouze 1 účastník. Na základě doplňující otázky bylo zjištěno, že všichni účastníci dokázali rozlišit nejmenší použitou velikost písma od ostatních. Další pro participanty snadno odlišitelnou velikostí byla největší použitá velikost. Polovina participantů pak rozlišovala velikosti na nejmenší, malou, střední a velkou. Tento fakt potvrzuje podobnost velikostí písem 7b-8b a 10b-11b řešenou v kapitole *7.2.1 Statistická analýza velikostí písem*. Zároveň potvrzuje jedno z doporučení zmíněné v kapitole 2.*2 Zásady při práci s popisem* týkající se minimálním rozdílem mezi použitými velikostmi písma 2b v rámci jedné mapy (Slocum, 2005). Pouze 5 (~18%) účastníků dokázalo rozlišit více než 4 různé velikostí písma. U většiny z nich se však dle jejich slov jednalo spíše a odhad, než lepší rozlišovací schopnost.

Barevný rozdíl, respektive barvy pozadí, pak byla proměnná, kterou účastníci vnímali v průběhu testování spíše periferním viděním, než že by ji přímo pozorovali (na rozdíl od velikosti písma, kterou zkoumali v rámci vyhodnocování jednotlivých názvů na mapách). Jeden z účastníků si dokázal vzpomenout pouze na dvě pozadí – světle a tmavě zelené. Dále 7 (25%) účastníků si vybavilo 3 různé barvy, 12 (~43%) účastníků pak 4 odstíny. Konkrétně se jednalo o rozlišení bílé, nejtmavší zelené a jednoho či dvou odstínů zelené mezi nimi. Správnou odpověď, tedy 5 různých barevných rozdílů, odpovědělo 5 (~18%) účastníků. U odpovědi 20 různých barevných pozadí pak účastník vycházel z předpokladu, že každá mapa měla jiné pozadí, což bylo vzápětí přehodnoceno a sníženo z 30 barev na 20.

Žádný z účastníků neodpověděl současně na obě tyto otázky správně.

Další otázky byly zaměřeny na subjektivní názor účastníků na strategie a vlivy při vyhledávání:

3) *Měl podle Vás tvar území vliv na Vaši strategii při vyhledávání názvu?*

a

4) *Měl podle Vás počet administrativních jednotek v daném území vliv na Vaši strategii vyhledávání?*

Tvar území měl vliv na strategii vyhledávání podle 18 (~64%) účastníků, 9 (~32%) z nich tvar území nepokládala za relevantní při vyhledávání, 1 účastník pak odpověděl možnost *Nevím*. Dále, 16 (~57%) účastníků uvedlo, že počet administrativních jednotek měl vliv na strategii vyhledávání, 12 (~43%) že nikoliv. Vliv počtu administrativních jednotek se částečně potvrdil i na základě statistiky, kdy do značné míry u neunifikovaných dat se stoupajícím počtem administrativních jednotek na území klesala efektivita uživatelů. Avšak jak je zmíněno v úvodu kapitoly *7 Praktická část: Analýza dat a vyhodnocení výsledků*, v rámci naměřených výsledků pro jednotlivá území hrály velkou roli i další faktory. Někteří účastníci uvedli, že podle nich měla vliv velikost jednotlivých administrativních jednotek, což bylo také do jisté míry potvrzeno v předchozí podkapitole. V rámci této problematiky však různí uživatelé volili několik odlišných strategií a nelze tak určit jednotný trend.

Poslední část otázek dotazníku se věnovala preferencím uživatelů:

5) *Kterou velikost písma na mapách (esteticky) preferujete?*

s možnostmi nejmenší, malé, střední a velké. Dále pak otázky

6) *Je podle Vás nejmenší použitá velikost písma stále vhodná pro užití na mapách?*

a

7) *Je podle Vás nejmenší barevný rozdíl mezi pozadím a popisem (nejtmavší pozadí) stále vhodné pro použití na mapách?*

Ohledně preferencí, 18 (~64%) účastníků preferovalo střední velikosti písma, zbylých 10 (~36%) pak písmo velké. Nejmenší a malé velikosti písma očekávatelně nepreferoval žádný z účastníků. Jako výhody střední velikosti písma, v rámci experimentu tedy velikosti 10b a 11b, byla uváděna dobrá čitelnost a přehlednost. Dobrá čitelnost byla zdůrazňována i u největší velikosti, řadě účastníků však vadila její přítomnost na malých

administrativních jednotkách, kdy v některých případech název překračoval hranice území a snižovala se tak jak jeho čitelnost, tak estetická stránka. Poměr velikosti písma a velikosti území, které daný název popisoval, byla v rámci této konkrétní problematiky častým tématem u řady účastníků a důvodem preference velikosti střední.

Zároveň bylo zjištěno, že 7 z 10 účastníků, kteří preferovali velké písmo, uvedli některou ze zrakových vad. 4 z těchto účastníků měli v průběhu experimentu brýle. Lidé se vadami zraku tedy kvůli své kondici pravděpodobně častěji dokáží docenit větší velikost písma, bez rozdílu jestli v danou chvíli zrak kompenzují brýlemi či nikoliv.

Nejmenší použitou velikost, tedy 4b, považovalo za vhodnou pro použití na mapách 8 (~29%) účastníků oproti většině 20 (~71%) účastníků, kteří tuto velikost za vhodnou nepovažovali. Někteří z účastníků k tématu vhodnosti této velikosti uvedli, že velikost považují za vhodnou v případě nutnosti a pro popis méně významných prvků. Jinými uživateli však byla tato velikost kategoricky odmítnuta, často doplněna slovy jako *„určitě ne“*, *„ani náhodou“* nebo dalšími výrazy, v některých případech i nevhodnými pro uvedení v diplomové práci.

Stejným poměrem, tedy 8 účastníků pro použití a 20 proti, byla zhodnocena i vhodnost, respektive nevhodnost nejmenšího barevného rozdílu. V této souvislosti bylo v některých případech uváděno, že by tmavá barva pozadí v některých případech mohla být použita v kombinaci s velkým písmem, naopak často byla zmiňována velmi malá vhodnost kombinace s písmem nejmenším. Účastníci s kartografickým vzděláním pak zmiňovali v takovémto případě vhodnost použití halo efektu u textu. Zároveň řada účastníků uvedla, že nejmenší barevný rozdíl, přestože nebyl vhodný, stále považovali za použitelnější než nejmenší velikost písma.

Analýza dotazníků tedy potvrdila, že velikost písma je poměrně zásadním faktorem i pro účastníky samotné. Významným prvkem se ukázal také barevný rozdíl, byť v menší míře.

7.5 Vyhodnocení hypotézy 1

Hypotéza 1 se zabývala vlivem tvaru území na výsledky a vyhledávací strategie uživatelů. Předpokladem je tvrzení Brychtové a Coltekin (2016), že tvar území nemá vliv na výsledné naměřené hodnoty.

V rámci statistických analýz byla zjištěna řada statisticky významných rozdílů při analýze velikostí písma mezi daty z unifikovaných a neunifikovaných území ve všech měřených

metrikách. Rozdíly byly zjištěny i mezi výškově velmi blízkými velikostmi písma, kdy tyto odlišnosti ve výsledcích byly mnohdy velké a je velmi nepravděpodobné, že by vznikly rozdílem velikosti 1 typografický bod. Schopnost porovnávat v rámci analýzy výsledky velikostí písma s rozdílem 1b nepřímo potvrzuje i neschopnost většiny účastníků rozlišovat mezi těmito velikostmi, což bylo zjištěno na základě dotazníků. Bohužel pro tuto proměnnou nebyla dostupná data v rámci původní studie, která by dovolila relevantně porovnat přímo data shodných velikostí pro unifikovaná a neunifikovaná území. Rovněž nebyl v rámci všech dat zjištěn jednotný trend, přičemž jeho neexistence byla způsobena odlišnými trendy právě uvnitř skupin velikostí použitých na unifikovaných a neunifikovaných územích. Při porovnání naměřených hodnot pro velikosti v rámci unifikovaných území byla zároveň nalezena poměrně vysoká konzistence mezi velikostmi, zatím co na neunifikovaných mapách byly zjištěny statisticky významné rozdíly i mezi jednotlivými velikostmi. Přestože horší výsledky u velikosti 4b byly relativně očekávány, zmíněný jev potvrzují převážně i výsledky velikosti 10b, která se ukázala jako velmi efektivní a odlišná oproti velikosti 8b i všem ostatním.

Na základě statistických analýz tedy lze říci, že různé tvary území mají vliv na výsledky vyhledávání. Po porovnání výsledných hodnot podobných velikostí lze říci, že konkrétně na neunifikovaných datech byli účastníci schopni vyhledávat o něco rychleji.

Tvar území z hlediska barevných rozdílů nebyl zkoumán, jelikož na všech velikostech písma a územích byly použity stejné barevné rozdíly. Relevantní porovnání by bylo možno provést pouze jednotlivě mezi podobnými velikostmi 7b a 8b, respektive 10b a 11b, pro každý jeden barevný rozdíl mezi sebou. Takovéto výsledky by však bez kontextu mezi velikostmi bylo obtížné jakkoli hodnotit. Zároveň by se jednalo o porovnání v rámci vždy pouze jedné mapy a v takovém případě by do analýzy vstupovala řada dalších faktorů, jako například pozice vyhledávaného názvu, takže jakékoli výsledky by ani nebylo možné považovat za relevantní.

Vliv tvaru území se ukázal i při analýze trajektorií pohledu, kdy na unifikovaných datech účastníci častěji vyhledávali pomocí jedné strategie s počátkem vyhledávání vlevo nahoře, zatím co na neunifikovaných postupovali ve více případech nepředvídatelně, nejednotně a různí účastníci v rámci jednoho území volili různé strategie. Stejně tak byla zaznamenána, poměrně logicky, volba různých strategií mezi jednotlivými tvary území v rámci neunifikovaných map mezi sebou. Významným faktorem se ukázala také větší variabilita velikostí, tvarů a počtu administrativních jednotek. Vyvozovat generalizované závěry k těmto faktorům však v rámci této práce není možné, jelikož experiment byl zaměřen na názvy na mapách, při jejichž vyhledávání účastníci volili specifické strategie a vzhled experimentu ke zkoumání většiny konkrétních charakteristik tvaru území nebyl uzpůsoben.

Přestože je výše řešen převážně rozdíl mezi unifikovanými a neunifikovanými mapami, neznamená to, že není vhodné navrhovat experiment s jedním či druhým typem území. Avšak hlavním důvodem, proč v případě původní studie Brychtové a Coltekin (2016) nepovažuji za vhodné použití rozdílných tvarů území je, že na všech barevných rozdílech nebyly použity

všechny tvary území. Jelikož se jednotlivé tvary v některých případech na první pohled značně lišily, lze předpokládat, že při prozkoumávání budou mít na jiných územích vliv jiné faktory, které pak mohou ovlivňovat výsledky. Konkrétně se může jednat například o velikost administrativních jednotek, která se také ukázala jako významným faktorem při volbě vyhledávací strategie účastníků, nebo počet administrativních jednotek. Jednodušeji řečeno, pro každý barevný rozdíl byla vybrána unikátní specifická kombinace tvarů území, přičemž na každém z nich se vyskytovala řada odlišných a nepředvídatelných prvků, které mohly mít vliv na výsledky. Při takovémto designu experimentu je dle mého názoru příliš vysoké riziko nekonzistence dat mezi jednotlivými barevnými rozdíly, což může (ale nemusí) vést k chybným závěrům v rámci celé problematiky. Na analýzy týkající se velikosti písma by tento jev však měl mít vliv relativně malý.

Na základě všech výše zmíněných faktorů se tedy hypotéza 1, tedy že vliv území nemá vliv na výsledky a vyhledávání uživateli, **spíše zavrhuje**. Tyto faktory plné zamítnutí hypotézy 1 výrazně naznačují, vzhledem k povaze testu a absenci přímého konkrétního důkazu však není možné hypotézu 1 s úplnou jistotou bezpodmínečně zamítnout.

7.6 Vyhodnocení hypotézy 2

Hypotéza 2 se týkala rozšíření původní studie o další velikosti písma. Tvrzením této hypotézy je, že velikost písma 4b dosahuje v rámci metrik výrazně (statisticky významně) horších výsledků než zbývající měřené velikosti. Dále bylo v rámci hypotézy tvrzení Čapka (1992), že velikost písma 4b je stále vhodná pro použití na mapách.

V rámci statistických analýz byly zjištěny statisticky významně horší výsledky účastníků mezi velikostí 4b a všemi ostatními velikostmi, v rámci každé jedné z měřených metrik. Přestože i u této velikosti všichni participanti odpověděli správně a je tedy čitelná, na základě markantně horších statistických výsledků podpořených dotazníkovým šetřením, není možné souhlasit s tvrzením Čapka (1992) a nepovažuji za vhodné ani doporučeníhodné použití této velikosti na mapách.

Na základě velmi výrazných statistických rozdílů lze **potvrdit** hypotézu 2, že velikost písma 4b dosahuje statisticky významně horších výsledků oproti ostatním měřeným velikostem. Přesto je stále čitelnou a umožňuje splnění úkolů.

7.7 Shrnutí experimentu

V praktické části diplomové práce byl proveden experiment vytvořený v programu OGAMA v5.0 za pomoci eye-trackeru SMI RED 250. Byly vytvořeny dvě verze testu, experimentu se zúčastnilo 28 participantů. Účelem testování bylo porovnat vliv tvaru území na vyhledávání a zjistit míru použitelnosti velikosti písma 4b. Dále byla zjišťována efektivita vybraných velikostí písma a barevných rozdílů.

První hypotéza vycházející ze studie Brychtové a Coltekin (2016), říkající že tvar území nemá vliv na výsledky vyhledávání, byla spíše zamítnuta. K zamítnutí došlo na základě statistických dat, kdy byly zjištěny rozdíly ve výsledcích metrik i trendů mezi unifikovanými a neunifikovanými tvary území. Zamítnutí nasvědčovaly i poznatky zjištěné průzkumem jednotlivých trajektorií pohledu, kdy, mimo jiné, účastníci na unifikovaných a neunifikovaných tvarech území volili velmi odlišné strategie prozkoumávání. Vzhledem k nemožnosti porovnat statistická data stejných velikostí na různých územích však hypotéza nemohla být zamítnuta zcela bez dalšího zkoumání.

Na základě série analýz různých druhů a logických poznatků bylo také dosaženo závěru, že neunifikovaná území mohla mít v případě tohoto konkrétního designu experimentu, použitého v původní studii, vliv na výsledky analýzy barevných rozdílů.

Druhá hypotéza se zabývala efektivitou a použitelností velikosti písma 4b. Bylo potvrzeno, že na mapách s velikostí písma 4b účastníci dosahovali statisticky významně horších výsledků ve všech měřených metrikách, tedy času odpovědi, počtu fixací i délce fixací. Tato velikost byla tedy vyhodnocena jako velmi nevhodná pro použití na mapách, přestože je stále čitelná.

Kromě hypotéz samotných byla pozorována řada dalších proměnných a charakteristik. Jako nejefektivnější velikost písma se v rámci zjišťovaných metrik ukázala velikost 10b pro neunifikovaná a 11b pro unifikovaná území. Nejefektivnějším barevným rozdílem byl naměřen $\Delta E_{00} = 85$. V rámci analýzy trajektorie pohledu bylo zjištěno, že účastníci v nejvíce případech začínali prohledávat území v levé horní části mapy. U unifikovaných i neunifikovaných území pak byla silná tendence území dále prohledávat systematicky dokola po okraji. Pozice vyhledávaného názvu tedy měla vliv na výsledky. Byl zjištěn možný vliv velikosti administrativních jednotek, jejich počet a rozložení na vyhledávací strategie účastníků a tedy výsledky testování. Zároveň se ukázala důležitým faktorem pozice vyhledávaného názvu.

Vliv periferního vidění se ukázal jako velmi malý, obzvláště v prvních sekundách po objevení každé mapy. Naopak v části případů byl zjištěn vliv prvního písmena

vyhledávaného názvu, které pravděpodobně bylo častým efektivním prvkem ve vyhodnocovacím procesu účastníků. Dále byl zjištěn významný faktor poměru velikosti písma k velikosti daného území, který měl vliv na vyhledávací strategie i estetické hodnocení účastníků. Při vyhledávání názvů pak účastníci nevěnovali příliš pozornost konkrétním tvarům a členitosti jednotlivých administrativních jednotek, pokud byly dané názvy těchto jednotek dostatečně vzdálené komplexnějším tvarům. Vizualizace dat získaných pomocí technologie eye-trackingu se pak ukázala jako klíčová také při analýze konkrétních příkladů, kdy pomáhala vysvětlovat důvody hodnot daných výsledků.

Po analýze dotazníků bylo poznamenáno, že účastníci esteticky preferovali střední velikost písma a nejmenší použitou velikost a nejmenší barevný rozdíl nepovažují za vhodné pro použití na mapách. Zároveň považují tvar území a počet administrativních jednotek za důležité při volbě strategie pohledu.

Důležité je však podotknout, že všichni participanti byli vysokoškoláci s průměrným věkem 24,5 let. Tento fakt by měl být brán v potaz při práci s výsledky zde zjištěnými. Například čitelnost velikosti písma 4b se může s přibývajícím věkem výrazně zhoršovat. Výsledky tedy není možno bez dalšího testování považovat za univerzální. Pro možnost objektivně generalizovat výsledky pro zde probírané problematiky by musela být provedena řada dalších testování zaměřujících se na konkrétní proměnné, jejich reprodukce a potvrzování.

Přestože praktická část přinesla mnoho nových poznatků, dat a závěrů, zároveň poukázala na další možnosti zkoumání. Pravděpodobně nejdůležitějším a nejzajímavějším z nich je vliv tvaru a komplexnosti území na vyhledávací strategie a přitahování pozornosti uživatelů.

8 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala problematikou popisu a jeho vlivem na práci s mapovým obsahem. Primárním cílem bylo ověřit roli popisu v procesu čtení mapy a zjistit vliv proměnných písma na vyhledávací procesy. Předpokladem bylo také zjištění možností výzkumu této problematiky pomocí moderních technologií, konkrétně technologie eye-trackingu. Práce byla rozdělena na dvě části – část rešeršní a část praktickou.

V rámci rešeršní části byla nejdříve vysvětlena role a význam popisu v mapovém poli. Popis je totiž nositelem jedné z klíčových informací v rámci mapy, kdy plní identifikační funkci objektů a jevů a může tvořit až 15% plochy mapy. Musí s ním být tedy při tvorbě mapy nakládáno citlivě a obezřetně, aby plnil svoji funkci a zároveň nenarušoval estetickou stránku mapy. Existuje proto řada doporučení, jak s popisem všeobecně i s jednotlivými proměnnými pracovat. Jedná se o konvenčně zaužívané zásady pomáhající zaručovat čitelnost mapy.

Kromě doporučení jsou pak jednotlivé proměnné písma zkoumány z různých úhlů pohledu v rámci konkrétních studií. Cíly těchto studií jsou většinou zjišťování efektivity různých hodnot dané proměnné a snaha nalezení hodnoty optimální, nebo zjišťování estetických preferencí uživatelů. Zkoumány jsou tak například velikost písma, vhodnost fontů nebo umístění textu včetně automatizace umístění na dynamických mapách. Barva písma se v rámci zkoumaných problematik příliš nevyskytuje, jelikož je z velké části konvenčně daná. Některé studie se však zabývají vztahem mezi barvou pozadí a barvou písma.

Studie využívající technologii eye-trackingu se pak zabývají velmi podobnými tématy, avšak data nasbíraná touto technologií vytváří nové možnosti analýzy. Díky této technologii můžeme pozorovat přímo chování a trajektorie pohledu uživatelů, což pomáhá mimo jiné identifikovat konkrétní jevy nastávající při procesu čtení mapy. V rámci kognitivní kartografie tak může přinést nové, důležité poznatky do celé problematiky.

V druhé části práce pak byl proveden vlastní experiment pomocí technologie eye-trackingu. Primárně byl zkoumán vliv tvaru území na vyhledávací strategie a výsledky uživatelů a zjišťování efektivity různých velikostí písma při zaměření na vhodnost použitelnosti velikosti písma 4b. Po řadě různých analýz dat bylo zjištěno, že tvar území spíše má vliv na výsledky a vyhledávací proces – konkrétněji že byly zjištěny rozdíly mezi velikostně velmi podobnými velikostmi písma na unifikovaných a neunifikovaných tvarech území a také že na více unifikovaných územích účastníci dosahovali více konzistentních výsledků jak z hlediska statistiky, tak z hlediska strategie vyhledávání. Velikost 4b se pak

ukázala jako velmi neefektivní a nevhodná pro použití na mapách, přestože stále relativně čitelná. K její čitelnosti však nutno podotknout, že nejstarším účastníkům experimentu bylo 29 let. Existuje tedy předpoklad, že pro starší lidi by tato velikost již čitelná nebyla.

Další zkoumanou proměnou v rámci experimentu byl barevný rozdíl mezi černým písmem a použitým pozadím, kdy byla potvrzena předpokládaná tendence zvyšující se efektivity se zvyšujícím se kontrastem. Zajímavou částí pak byla analýza trajektorií pohledu, kdy bylo například zjištěno, že uživatelé nejčastěji začínali území prohledávat v levé horní části mapy. Kromě toho byla poznamenána řada dalších konkrétních jevů, kterých se účastníci během vyhledávání dopouštěli.

V průběhu experimentu bylo také upozorněno na některé nedostatky, které by při tvorbě testů měly být brány v úvahu. Ze závěrů analýz byla zjištěna řada dalších podnětů pro možné následné testování, zkoumání a potvrzování. Právě potvrzování výsledků totiž považuji za důležité, jelikož dokonale univerzální test takřka není možno vytvořit, proto lze nalezené výsledky zpřesňovat především reprodukcemi studií, jejich rozšiřováním, novými úhly pohledu a následným porovnáváním. Jedině tak se jako výzkumníci budeme moci přibližovat objektivnější pravdě.

9 ZDROJE

9.1 Publikace

1. Ahn J., Freeman H. (1984) *A Program for Automatic Name Placement*. Cartographica, Vol. 21
2. Al-Wabil A., George R. (2010) *An Eye tracking Study of Arabic Typography Readability*, IADIS International Association for Development of the Information Society
3. Arditi A., Cho J. (2005) *Serifs and Font Legibility*, Elsevier Ltd
4. Beymer D., Russel D., Orton P. (2008) *An Eye Tracking Study of How Font Size and Type Influence Online Reading*, British Computer Society
5. Brewer C. A. (1997) *Evaluation of a Model for Predicting Simultaneous Contrast on Color Maps*, Professional Geographer, Vol. 49
6. Brewer C. A. (2005) *Designing better Maps: A Guide for Gis users*, California: Esri Press, Vol. 6
7. Brychtová A., Popelka S., Dobešová Z. (2012) *Eye-tracking Methods for Investigation of Cartographic Principles*, International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM
8. Brychtová A., Coltekin A. (2016) *An Empirical User Study for Measuring the Influence of Colour Distance and Font Size in Map Reading Using Eye Tracking*, The Cartographic Journal, Vol. 53
9. Burger W., Burge M. J. (2013) *Principles of Digital Image Processing: Advance Methods,* Springe-Verlag, London
10. Carter R., Huertas R. (2009) *Ultra-Large Color Difference and Small Subtense*, Color Research & Application, Vol. 35
11. Chennamma H. R. a kol. (2013) *A Survey on Eye-Gaze Tracking Techniques*, Indian Journal of Computer Science and Engeneering, Vol. 4
12. Coltekin A., Heil B., Garlandini S., Fabrikant S. I. (2009) *Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study Integrating Usability Metrics with Eye-Movement Analysis*, Cartography and Geographic Information Science, Vol. 36
13. Čapek R. a kol. (1992) *Geografická kartografie*, Praha Státní pedagogické nakladatelství. 1. vydání
14. Deeb R., Ooms K., De Maeyer P. (2011) *Typography in the Eyes of Bertin, Gender and Expertise Variation.* Cartographic Journal, Vol. 49

15. Deeb R., Ooms K., De Maeyer P. (2012) *Label Size Design: Aesthetic and Efficiency*, 4th International Conference on Cartograpfy and GIS
16. Deeb R., Ooms K., Vanopbroeke V., De Maeyer P. (2014) *Evaluating the Efficiency of Typographic Design: Gender and Expertise Variation*, The Cartographic Journal, Vol. 51
17. Deeb, R., Ooms, K., Brychtová, A., Van Eetvelde, V., De Maeyer, P. (2015) *Background and foreground interaction: Influence of complementary colors on the search task*, Color Research and Application
18. Dent B. D., Torguson J. S., Hodler T. W. (2009) *Cartography: Thematic Map Design*, Sixth edition, The McGraw-Hill Companies, New York
19. Edmondson S., Christensen J., Marks J., Shieber S. (1996) *A General Cartographic Labelling Algorithm,* Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, Vol. 33
20. Everson M. E. (1986) *Ehe Effect of Word-Unit Spacing Upon the Reading Strategies of Native And Non-Native Readers of Chinese: An Eye-Tracking Study*, The Ohio State University
21. Fairbairn D. J. (1993) *On the Nature of Cartographic Text*, The Cartographic Journal, Vol. 30
22. Freeman H. (2004) *Automated Cartographic Text Placement,* Pattern Recognition Letters, Vol. 26
23. Hansen D. W., Ji Q. (2010) I*n the Eye of Beholder: A Survey of Models for Eye and Gaze*, Journal IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Inteligence, Vol. 32
24. Holmquist K., Nystrom M., Andersson R., Dewhurst R., Jorodzka H., van Weijer J. (2011) *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods And Measures*, Oxford University Press
25. Imhof E. (1975) *Positioning Names on Maps*, The American Cartographer, Vol. 2
26. Joblove G. H., Greenberg D. (1978) *Color Spaces For Computer Graphics*, SIGGRAPH '78 Proceedings of the 5th annual conference on Computer graphics and interactive techniques
27. Jones C. (1989) *Cartographic Name Placement*, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 9
28. Josephson S. (2008) *Keeping Your Readers' Eyes on the Screen: An Eye-Tracking Study Comparing Sans Serif and Serif Typefaces*, Visual Communication Quarterly.
29. Kakoulis K. G., Tollis I. G. (2003) *A Unified Approach to Automatic Label Placement*, International Journal of Computational Geometry & Applicaions, Vol. 13

30. Kubíček P. (2011) *Možnosti testování kartografické vizualizace polohové nejistoty*, Kartografické listy, Vol. 19
31. Landa E. R., Fairchild M. D. (2005) *Charting Color from th Eye of the Beholder*, American Scientist, Col. 93
32. Marks J., Shieber S. (1991) *The Computational Complexity of Cartographic Label Placement*, Harvard Computer Science Group Technical Report TR-05-91
33. Miromoto C., Mimica M. (2005) *Eye Gaze Tracking Techniques for Interactive Applications*, Elsevier Science Inc., Vol. 98
34. Odstrčilová Z. (2007) *Grafický návrh elektronických výukových aplikací*, Diplomová práce. Masarykova universita, Fakulta informatiky
35. Ooms K. (2008) *Effectiveness of dynamic label transitions*, Electronic proceedings: 5th Symposium on Location Based Services and TeleCartography
36. Ooms K., Kellens W., Fack V. (2009) *Dynamis Map Labeling for Users*, 24th international cartographic conferencion
37. Ooms K., De Maeyer P., Fack V., Van Assche E., Witlox F. (2012) *Investigating the Effectiveness of an Efficient Label Placement Method Using Eye Movement Data*, The Cartographic Journal
38. Paschos G. (2001) *Perceptually Uniform Color Spaces for Color Texture Analysis: An Empirical Evaluation*, IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 10
39. Pavelka T. (2015) *Možnosti Eye-trackingu v Kartografii*, bakalářská práce, Masarykova Univerzita, Brno
40. Peterson G. N. (2009) *GIS Cartography: A Guide to Effective Map Design*, CRC Press, second edition
41. Petzold I., Groger G., Plumer L. (2003) *Fast Screen Map Labeling – Data-Structures And Algorithms*, Institute of Cartography and Geoinformation, University of Bonn, Germany
42. Phillips R. J., Noyes L., Audley R. J. (1977) *The Legibility of Type on Maps*, University College London
43. Phillips R. J., Noyes L. (1977) *Searching for names in two city street maps*, Applied Ergonomics, Vol. 8
44. Phillips R. J., Noyes L., Audley R. J. (1978) *Searching for names on maps*, Cartographic Journal, Vol. 8
45. Phillips R. J. (1981) *Searching for a Target in a Random Arrangement of Names: An Eye Fixation Analysis*, Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie, Vol. 35
46. Plánka L. (2006) *Kartografie a základy GIS: Kartografická interpretace,* Vysoké učení technické v Brně - Fakulta Stavební

47. Popelka S., Dvorský J., Brychtová A., Hanzelka J. (2013) *User typology based on eye-movement paths*, SGEM 2013 Conference Proceedings
48. Rello, Baeza-Yates (2013) *Good Fonts for Dyslexia*, Bellevue, Washington, USA
49. Robinson A. H. a kol. (1995) *Elements of Cartography*, sixth edition. John Wiley and Sons., INC
50. Rubin J., Chisnell D. (2008) *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*, Second edition, Willey, New York
51. Slocum T. A., McMaster R. B., Kessler F. C., Howard H. H. (2005) *Thematic Cartography and Geographic Visualization*, second edition. Prentice Hall
52. Veverka B. (2004) *Topografická a tematická kartografie*, vydavatelství ČVUT
53. Veverka B., Zimová R. (2008) *Topografická a tematická kartografie*, vydavatelství ČVUT
54. Viliš T. (2015) *Vliv popisu a písma v mapách na uživatelskou percepci*, Diplomová práce. Universita Palackého v Olomouci, Přírodovědná fakulta
55. Voženílek V., Kaňok J. a kol. (2011) *Metody tematické kartografie – vizualizace prostorových jevů*, Universita Palackého v Olomouci, Olomouc
56. Ware C. (1988) *Color Sequences for Univariate Maps: Theory, Experiments, and Principles*, IEEE Computer Graphics and Applications
57. Werman M., Pele O. (2012) *Improving Perceptual Color Difference Using Basic Color Terms*, Computer Research Repository
58. Yoeli P. (1972) *The Logic of Automated Map Lettering*, The Cartographic Journal, Vol. 9

9.2 Internetové zdroje

1. Constine J. (2016) [online] *Oculus acquires eye-tracking startup The Eye Tribe | Tech Crunch.* Cit. dne 20. 2. 2018. Dostupné z www: https://techcrunch.com/2016/12/28/the-eye-tribe-oculus/
2. *GADM database* (2018) [online] Cit. dne 25. 2. 2018. Dostupné z www: https://gadm.org/
3. Hartzbech P. (2017) [online] *SMI and Apple: What It Means for the Future of Eye Tracking*. Cit. dne 20. 2. 2018. Dostupné z www: https://imotions.com/blog/smi-apple-eye-tracking/
4. *International Commission for Illumination – CIE* (2014) [online] Cit. dne 17. 2. 2018. Dostupné z www: http://eilv.cie.co.at/