

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

**UŽIVATELSKÉ TESTOVÁNÍ BAREVNÝCH
STUPNIC V KARTOGRAFII**

Diplomová práce

Bc. Tereza VÍTKOVÁ

Vedoucí práce RNDr. Stanislav POPELKA, Ph.D.

Olomouc 2024

Geoinformatika a kartografie

ANOTACE

Diplomová práce se věnuje uživatelskému testování vybraných barevných stupnic v kartografii. Z důvodu jeho popularity byly pro účely testování vybrány stupnice z online nástroje ColorBrewer 2.0. Pomocí dotazníkového šetření a eye-tracking testování sleduje správnost a způsob identifikace barevných odstínů označených šipkou v mapě s odstíny v legendě. Dotazník je prováděn pro porovnání výsledků od většího počtu osob na dvou různobarevných stupnicích, eye-trackingová část více do hloubky zkoumá jednu stupnici vizualizovanou dvěma způsoby a dává je do kontextu s podrobnějšími informacemi o jednotlivých respondentech. Výsledky jsou porovnávány mezi skupinami osob s a bez kartografického vzdělání, různými barevnými stupnicemi a dvěma variantami map pro stejnou barevnou stupnici. Pomocí individuálně navržených oblastí zájmu v každém testovaném stimulu eye-trackingového experimentu byl analyzován počet fixací v jednotlivých oblastech, zejména pak v místě nejtmašího a nejsvětějšího odstínu mapy. Mimo hlavní cíl práce vytvořit doporučení pro tvorbu map, které používají sekvenční jednobarevné stupnice, byla prakticky ověřena použitelnost nástroje eyeRack. Jde o nástroj nabízející sedm základních funkcí pro zpracování eye-trackingových dat. V autorčině práci šlo hlavně o zaměření na rekurenční kvantifikační analýzu a analýzu fokální a ambientní pozornosti s vizualizací koeficientu K, který definuje převažující druh pozornosti u respondenta. Vzniklá doporučení jako závěr práce jsou navržena v závislosti na charakteristiku map a cílovou skupinu uživatelů.

KLÍČOVÁ SLOVA

barvy; barevné stupnice; kartografie; dotazníkové šetření; eye-tracking výzkum

Počet stran práce: 79

Počet příloh: 2 (z toho 1 volná a 1 elektronická)

ANOTATION

The master thesis focuses on user testing of selected colour scales in cartography. Due to the popularity of the online tool ColorBrewer 2.0, its scales were selected for testing purposes. Using a questionnaire survey and eye-tracking testing, it monitors the correctness and method of identifying the colour shades in the map with those in the legend. The questionnaire is conducted to compare the results from a larger number of people regarding two different colour scales, the eye-tracking part explores one scale visualised in two ways with more detailed information about individual respondents in more depth. The results are compared between groups of people with and without cartographic training, different colour scales and two versions of the maps for the same colour scale. Using individually designed areas of interest in each tested stimulus of the eye-tracking experiment, the number of fixations in each area is analyzed, especially in the area of the darkest and lightest shade of the map. The main goal of this work was to give recommendations for the development of maps that use sequential single hue colour scales. Beyond that, the usability of the eyeRack tool was practically verified. The tool is offering seven basic functions for processing eye-tracking data. In the author's work, the main focus was on recurrent quantification analysis and analysis of focal and ambient attention with visualization of the coefficient K, which defines the predominant type of attention in the respondent's answer. The recommendations as a conclusion of the work are proposed depending on the characteristics of the maps and the target group of users.

KEYWORDS

colours; colour scales; cartography; questionnaire surveys; eye-tracking research

Number of pages 79

Number of appendixes 2

Prohlašuji, že

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

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

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

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

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

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

V Olomouci dne

Bc. Tereza Vítková

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Stanislavu Popelkovi, Ph.D. za cenné podněty, připomínky, přínosné rady a ochotu pomoci při vypracování práce. Dále děkuji všem respondentům, kteří se zúčastnili jakékoli z částí uživatelského testování a umožnili tak dokončení této diplomové práce. Jmenovitě pak děkuji Bc. Adamovi Tóthovi a Jance Janečkové za pomoc se sháněním respondentů, bez jejich osobních kontaktů by experiment celkového počtu 52 respondentů nedosáhl.

V neposlední řadě děkuji rodině a kamarádům, kteří mě nejen při psaní diplomové práce, ale i při celém pětiletém období studia na vysoké škole podporovali.

Práce vznikla za podpory projektu Grantové agentury České republiky 23-06187S „Identifikace bariér v procesu komunikace prostorových sociálnědemografických informací“.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Tereza VÍTKOVÁ
Osobní číslo: R220655
Studijní program: N0532A330009 Geoinformatika a kartografie
Téma práce: Uživatelské testování barevných stupnic v kartografii
Zadávací katedra: Katedra geoinformatiky

Zásady pro vypracování

Cílem práce je zhodnotit různé typy barevných stupnic používaných v kartografii. V první části studentka na základě literární rešerše a konzultací vybere vhodné typy barevných stupnic pro testování. Následně vytvoří testované stimuly, stanoví výzkumné otázky a navrhne vhodný design uživatelského testování. To bude realizováno zejména s využitím zařízení pro sledování pohybu očí. Technologii eye-tracking však bude studentka vhodně kombinovat s dalšími metodami uživatelského testování. Nabízí se například dotazníkové šetření realizované na velké populaci či sběr dat o pohybu myši například prostřednictvím nástroje MouseView.js. Při sběru dat studentka přihlédne k problému poruch barevného vidění a test doplní o screeningové vyšetření barocitu respondentů. Naměřená data studentka analyzuje obvyklými metodami využívanými na katedře geoinformatiky. Přidanou hodnotou práce však bude zaměřením se na využití rekurentní kvantifikační analýzy a analýzu ambientní/fokální pozornosti s využitím nástroje eyeTrack. Výsledkem práce budou především poznatky o vhodnosti testovaných barevných stupnic, doporučení pro tvorbu těchto stupnic, ale také praktické ověření použitelnosti nástroje eyeTrack.

Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data) se odevzdá v digitální podobě na paměťovém nosiči (CD, DVD, SD karta, flash disk). Text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

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

Seznam doporučené literatury:

- ANWYL-IRVINE, A. L., ARMSTRONG, T., & DALMAIJER, E. S. (2021) MouseView.js: Reliable and valid attention tracking in web-based experiments using a cursor-directed aperture. Behavior Research Methods, <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01703-5>
- BLAŽKOVÁ, K. (2020) Hodnocení vlivu preferencí uživatelů a vybraných doporučení k písmu a popisu v mapách, diplomová práce, KGI UPOL
- BRYCHTOVÁ, A. (2015) Barevná vzdálenost v kartografii, disertační práce, KGI UPOL
- HOHNOVÁ, A. (2016) Tvorba barevných stupnic dle stylu map, bakalářská práce, KGI UPOL
- KALABUSOVA, V., FACEVICOVA, K., POPELKA, S. (2022) eyeTrack – Shiny application for recurrence quantification analysis, ECEM2022
- POPELKA, S. 2018. Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci
- POPELKA, S., VÁVRA, A., BRYCHTOVÁ, A. (2014) Eye-tracking hodnocení fenologických map, Aktivity v kartografii.
- VOŽENÍLEK, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.

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

Datum zadání diplomové práce: 9. prosince 2022

Termín odevzdání diplomové práce: 9. května 2024

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Vilém Pechanec, Ph.D.
vedoucí katedry

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 CÍLE PRÁCE	12
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
2.1 Barva v kartografii	13
2.1.1 Barevné stupnice v mapových dílech.....	13
2.1.2 Generátory barevných stupnic	14
2.1.3 Vnímání barev	15
2.1.4 Hodnocení kvantitativních stupnic v kartografii	16
2.2 Kognitivní kartografie	17
2.2.1 Uživatelské testování	17
2.2.2 Dotazníkové šetření	18
2.2.3 Eye-tracking.....	18
3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ	20
3.1 Příprava experimentů pro hodnocení barevných stupnic	20
3.1.1 Tvorba testovaných stimulů.....	20
3.1.2 Příprava a vyhodnocování dat z dotazníkového šetření.....	21
3.1.3 Příprava a vyhodnocení dat z eye-tracking testování	21
3.2 Využití nástroje eyetRack	22
3.2.1 Rekurentní kvantifikační analýzy	23
3.2.2 Analýza ambientní a fokální pozornosti	24
4 NÁVRH UŽIVATELSKÉHO TESTOVÁNÍ	25
4.1 Výzkumné otázky	25
4.2 Testované stupnice	25
4.3 Testované stimuly	26
4.4 Screeningové vyšetření barvocitu	30
5 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ	32
5.1 Platforma na dotazníkové šetření	32
5.2 Struktura dotazníku	34
5.2.1 Spuštění a šíření dotazníku	35
5.3 Vyhodnocení dotazníku – červená barevná stupnice	36
5.3.1 Čas správných odpovědí pro červenou stupnici	38
5.4 Vyhodnocení dotazníku – zelená barevná stupnice	40
5.4.1 Čas správných odpovědí pro zelenou stupnici	43
5.5 Srovnání červené a zelené stupnice	44
6 EYE-TRACKING TESTOVÁNÍ	46
6.1 Testování osob bez kartografického vzdělání	46
6.2 Testování osob s kartografickým vzděláním	48
6.3 Srovnání obou skupin respondentů	50
6.3.1 Čas správných odpovědí u jednotlivých odstínů	51
7 RŮZNÉ ZPŮSOBY ŘEŠENÍ OTÁZEK.....	53

7.1	Fixace v místě dotazovaného odstínu mapy.....	53
7.2	Fixace v nejsvětlejším nebo nejtmavším odstínu mapy	54
8	APLIKACE EYETRACK.....	57
8.1	Rekurentní kvantifikační analýza	57
8.1.1	Graf rekurence	57
8.1.2	Počet rekurentních bodů	59
8.1.3	Míra rekurence.....	61
8.1.4	Míra determinismu.....	62
8.1.5	Míra laminarity	63
8.1.6	Střed bodů rekurence (CORM)	65
8.2	Analýza ambientní a fokální pozornosti.....	67
9	VÝSLEDKY	69
9.1	Dotazníkové šetření.....	69
9.2	Eye-tracking testování.....	70
9.3	Způsob identifikace odpovědí	70
9.4	Analýzy nástrojem eyetRack	71
9.4.1	Rekurentní kvantifikační analýza.....	71
9.4.2	Analýza ambientní/fokální pozornosti.....	71
10	DISKUZE	72
11	ZÁVĚR	74
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE.....	76
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AFD	Average fixation duration
AOI	Area of interest (oblast zájmu)
CIEDE200	Color Difference Equation 2000
COL _{dist}	Color distance
CORM	Center of recurrence mass
CSV	Comma-separated values
FFD	First fixation duration
GIS	geografický informační systém
HEX	hexadecimální
JPEG	Joint Picture Experts Group
JV	jihovýchodní
NOF	Number of fixation
PDF	Portable Document Format
PNG	Portable Network Graphics
RQA	rekurentní kvantifikační analýza
SV	severovýchodní
SVM	Support Vector Machine
TD	Total duration time
TTFF	Time to first fixation
UPOL	Univerzita Palackého v Olomouci
USA	United States of America
USGS	United States Geological Survey
XLSX	Microsoft Excel Spreadsheet

ÚVOD

Mapová díla svou komplexností umožňují v poměrně krátkém čase předat velké množství informací. Jsou však uživatelé předávané informace ním správně pochopeny? Diplomová práce se věnuje uživatelskému testování barevných stupnic v kartografii. Svým cílem volně navazuje na studii barevných stupnic (Popelka et al. 2014) u Atlasu fenologických poměrů Česka (Hájková et al. 2012), ve které vyšlo najevo, že při větším počtu barevných odstínů obsažených v jedné mapě se rozchází způsob čtení mapy mezi osobami s a bez kartografického vzdělání.

Britská kartografická společnost definuje kartografii jako vědu, techniku a umění tvorby map včetně jejich studia jako vědeckých dokumentů a uměleckých výtvorů (Voženilek a Kaňok 2011). Barvy mají v umění estetickou funkci a často jsou stěžejní při celém způsobu uměleckého vyjádření autora díla. Jejich výběr v nás může vyvolat různé pocity a v některých případech i ovlivnit, zda se nám konečný výtvor líbí. V kartografii barva estetickou úlohu, co se mapového pole týče, nemá. Barva má předávat informaci. Může urychlit čas, za který dokáže uživatel mapu přečíst a získat z ní jím požadované informace. Při využívání barevných stupnic k vizualizaci kvantitativních jevů je barva velmi důležitá pro vizualizaci toho, jak je v mapě zobrazeném prostoru jev proměnlivý. I bez zahrnutí konkrétních informací o absolutních číslech, které mají jednotlivé barevné intervaly reprezentovat, je v prvních pár sekundách sledování mapy uživateli předáváno velké množství informací o charakteristice dané oblasti. Správný výběr barevných stupnic může ovlivnit nejen již zmíněnou rychlost předaných informací uživateli, ale i správnost těchto informací a někdy mít vliv dokonce i na to, zda uživatel mapu vůbec dokáže pochopit.

Při výběru a realizaci kartografických metod, které používají kvantitativní barevné stupnice je nutno učinit nemálo správných rozhodnutí. První je ujištění, že zvolený druh stupnice je pro danou mapu a jev ní vizualizovaný vhodný, poté vybrat konkrétní barevnou stupnici, vhodně zvolit počet intervalů, které budou v mapě zobrazeny a nastavit metodu tvorby jednotlivých intervalů. Definovat jednotlivé intervaly lze například pomocí Jenksovy optimalizační metody, použitím kvantilů, rovnoměrných intervalů, geometrického definován tříd jevu, směrodatné odchylky nebo manuálního nastavení. Všechny tyto kroky ovlivňují úspěšnost vytvořeného díla a jeho přínos pro uživatele. Autorčina práce se zabývá rozhodnutím, jaký počet intervalů při vizualizaci jevu nad kvantitativními sekvenčními stupnicemi zvolit.

Doporučovaný počet těchto intervalů pro jednu stupnici se mezi různými publikacemi liší. Někteří odborníci uvádí, že ideální počet je mezi šesti až desíti intervaly (Voženilek a Kaňok 2011) nebo doporučují pro správné určení počtu intervalů použití různých matematických vzorců (Voženilek 2002). V konečném důsledku se všichni shodují na tom, že konečné rozhodnutí je vždy individuální s ohledem na konkrétní mapu. Kartograf by ale měl brát ohled na uživatele svých map a data prezentovat poctivě a co nejvíce srozumitelně.

1 CÍLE PRÁCE

Autorka ve své práci provedla uživatelské testování dvěma způsoby. Nejprve pomocí dotazníkového šetření ověřuje schopnost široké veřejnosti identifikovat barevné odstíny v mapě s odstíny v legendě. Pro tyto účely byly vybrány dvě stupnice z velmi populárního online nástroje ColorBrewer 2.0. Šlo o dvě sekvenční jednobarevné stupnice, konkrétně stupnici červenou a zelenou. Stupnice byly vizualizovány na jevu nadmořské výšky s viditelně vyobrazeným pobřežím a nepřímo respondenty naváděla k odpočítávání jednotlivých barevných intervalů. V eye-trackingové části práce se testovala pouze stupnice červená, a to na dvou různých územích. To mělo za cíl zmírnit závislost výsledků na konkrétní mapě. Eye-tracking experiment testoval dvě skupiny osob, ty s kartografickým vzděláním a kartograficky nevzdělané, kde v každé skupině bylo zahrnuto 26 osob.

V závěrečné části došlo k vyhodnocení úspěšnosti obou testování a jejich vzájemného porovnání napříč různými barevnými stupnicemi, mapovými variantami a charakteristiky respondentů. Autorčina práce si také dávala za cíl otestovat funkčnost nástroje eyeRack, který poskytuje sedm základních funkcí pro zpracování dat z eye-trackeru. Hlavní zaměření bylo na rekurentní kvantifikační analýzu a analýzu ambientní/fokální pozornosti pomocí vizualizace koeficientu K. Tyto pokročilé analýzy jsou pro kompletnost výzkumu doplněny například analýzami sledující čas potřebný pro správné zodpovězení otázky a počty fixací jednotlivých respondentů v oblastech zájmu, které byly pro potřeby práce definovány pro každý z testovaných stimulů.

Výstupem práce je praktické ověření dvou často používaných barevných stupnic a následné doporučení k používání barev při tvorbě map s kvantitativními sekvenčními barevnými stupnicemi. Ve výsledcích je brán zřetel na cílovou skupinu uživatelů tvořených map a také jejich charakteristiku v času potřebném pro jejich správné přečtení uživatelem.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Při studiu stavu řešené problematiky byla největší pozornost dáována konceptu barev v mapových dílech, kde byl větší důraz kladen na barevné stupnice, konkrétně na kvantitativní stupnice a zejména hodnocení jejich použitelnosti v kartografických dílech. Barevné stupnice byly v rámci výzkumu v diplomové práci testovány na respondentech, proto se podkapitola 2.2 věnuje kognitivní kartografii a následně i jednotlivým metodám, které se za účelem uživatelského testování dají realizovat. Konkrétně se jedná o dotazníkové šetření a eye-tracking experiment.

2.1 Barva v kartografii

Barva je v kartografii aspektem, který se objevuje ve všech mapových prvcích. Nese v sobě mnoho funkcí jako např. rozlišovací, kategorizační, výstražnou, informační, psychologickou, reklamní a estetickou (Voženílek a Kaňok 2011). Barva může v mapách nést informaci sama o sobě nebo může být použita jako parametr mapového znaku, přičemž oba principy se mohou vyskytovat zároveň (Musilová 2012). V kartografii se barvy používají zejména z důvodu podpory uživatelské vstřícnosti kartografického díla, což může mít v různých případech různé podoby. Barva rozšiřuje možnosti mapového jazyka a poskytuje tak o objektu či jevu další informace (Voženílek a Kaňok 2011). Nejvýraznější rozdíl mezi používáním barev v umění a kartografii je, že barva v uměleckých dílech má v první řadě za úkol zaujmout a její funkce je čistě estetická. Oproti tomu v mapách má barva primární funkci jako nositel informace (Voženílek a Kaňok 2011). Barva v mapách figuruje jako jeden z vyjadřovacích prostředků, který má pomáhat v co nejvěrnějším zobrazení reality, což znamená, vytvářet co nejsnáze asociace (Bláha 2006).

2.1.1 Barevné stupnice v mapových dílech

Na efektivitu využívání barev jako vyjadřovacího prostředku má vliv využívání vztahů či kontrastů barev (Brožková 1983). Kontrasty vznikají na styku dvou barev, důležitá je proto volba správných barevných kombinací, protože barva nikdy nevystupuje izolovaně (Bláha 2006). Jedna barva, nebo barevný odstín v mapě nikdy nevystupuje samostatně, ale vždy je jeho vnímání ovlivněno barvami v okolí. To se pojí s nemalým výčtem problémů při používání a výběru barevných stupnic. Nejčastější je závislost velikosti plochy daného prvku na optické váze barvy, dostatečná odlišitelnost barev, využívání různé intenzity barvy pro znázornění intenzity jevu a další (Bláha 2006).

Barevné stupnice v mapě umožňují vizuálně reprezentovat a kvantifikovat různé údaje na mapě. Využitím různých barevných odstínů lze snadno porovnávat a analyzovat data v mapě, což umožňuje uživatelům map rychle identifikovat vzory, rozdíly a souvislosti ve zobrazených datech a prostoru. Použití správných barev a barevných stupnic je klíčové pro to, aby mapa byla srozumitelná a informativní.

Stupnice jsou nezbytnou součástí kvantifikačních mapových metod, včetně kartogramů, kartodiagramů nebo izolinií. Nikdy neexistují izolovaně (Voženílek a Kaňok 2011). Kartogramy jsou příkladem tematických map, které využívají barevné stupnice k vyjádření kvantitativních údajů o relativních hodnotách. Barevné stupnice jsou také důležité v metodě izolinií, kde zobrazují spojité jevy, jako například teplotu nebo nadmořskou výšku. Izolinie spojují body se stejnými hodnotami dané veličiny. Barevné stupnice mohou být použity k vybarvení ploch mezi izoliniemi (metoda barevných vrstev) nebo k označení samotných izolinií (Voženílek a Kaňok 2011). Barevné stupnice

bývají také součástí kartografických znaků, speciálně pak jejich výplně. Jsou tedy důležitým prostředkem pro vizualizaci a kvantifikaci geografických dat různého druhu.

V kartografii existuje několik způsobů, jakými lze dělit a klasifikovat barevné stupnice. Některé z hlavních typů je dělení stupnic podle povahy dat:

1. Kvalitativní stupnice: Používá se k rozlišení různých kategorií nebo tříd. Jednotlivé barvy neposkytují žádnou kvantitativní informaci, slouží k oddělení různých skupin nebo prvků na mapě. Příkladem může být vizualizace různých typů půdy nebo vegetace.
2. Kvantitativní stupnice: Poskytují kvantitativní informaci o určité proměnné. Barvy na stupnici jsou obvykle gradientem, kde různé odstíny barvy reprezentují různé hodnoty.

Dalším základním dělení je možno označit klasifikaci podle jejich účelu:

1. Divergentní stupnice: Slouží ke zvýraznění centrálního bodu nebo bodu zlomu v datech, kde hodnoty pod a nad touto hodnotou mají odlišnou barvu (barevnou škálu). Toto rozdělení stupnice je užitečné pro zobrazení kontrastních hodnot kolem středního bodu, čímž napomáhá ke snadnějšímu identifikování odchylky.
2. Sekvenční barevné stupnice: Zobrazují data, která postupně rostou nebo klesají od jednoho konce stupnice k druhému. Tato stupnice je ideální pro zobrazování spojitých dat, kde hodnoty přecházejí plynule.
3. Kvalitativně-sekvenční stupnice: Kombinují prvky z kvalitativních a sekvenční stupnic a používají se, když je potřeba vizualizovat kategorická data s různými hodnotami. Tyto stupnice umožňují zobrazit kategorie dat spolu s postupnými změnami v hodnotách.

2.1.2 Generátory barevných stupnic

V kartografii hraje použití barev klíčovou roli při vizualizaci geografických dat a předávání informací. Správně navržené barevné stupnice zajišťují srozumitelnost, čitelnost a jejich vhodné použití v kartografických dílech. Správné použití barev na mapě by mělo korespondovat s logickou organizací dat mapě, což usnadňuje vizualizaci vzorů a vztahů mezi daty (Brewer 1994).

Při takto těžkém úkolu s vybíráním vhodných barev může autorům kartografických děl pomoci některý z dostupných generátorů barevných palet. Takových generátorů existuje větší množství, ale naprostá většina z nich není zaměřena na použití v kartografii. Nejčastěji bývají zaměřeny na web, grafiku, interiérový design nebo jakýkoli design obecně. Mezi ty nekartograficky orientované generátory barev patří například Colrd, Color Rotate nebo hojně využívaný Adobe Color CC (Hohnová 2016).

Jedinými webovými přímo kartografickými generátory barev jsou ColorBrewer a Sequential Color Scheme Generator 1.0. Oba z těchto nástrojů byly vyvinuty s ohledem na principy kartografie a vhodnosti zobrazovaných barev v této oblasti (Hohnová 2016). Color Brewer je obecně více používaný a populárnější generátor barevných stupnic, nabízející širokou škálu předdefinovaných a optimálně vybraných barevných schémat pro různé typy dat a kartografických vizualizací. Tato schémata jsou navržena tak, aby byla vhodná pro účely choropleth map, bodových map a dalších. Sequential Color Scheme Generator 1.0 může být méně známý, jelikož se jedná o konkrétní generátor, zatímco ColorBrewer je širší platforma, která je implementovaná do množství softwarů a programovacích jazyků.

Nástroj ColorBrewer, v současné verzi 2.0, je online aplikací, která je k dispozici zdarma. Cynthia Brewer je autorkou celého konceptu nástroje, na kterém spolupracovala

s Markem Harrowerem, Benem Sheesleym, Andym Woodruffem a Davidem Heymanem (Harrower a Brewer 2003). Na výběr jsou tři varianty stupnic: kvantitativní, bipolární a kvalitativní. Přičemž každá z variant má různé množství intervalů, 12 u kvalitativních pro osm stupnic, 11 u divergentních pro devět různých stupnic a devět u kvantitativních při 18 různých stupnicích. Výhodou ColorBrewer 2.0 je jeho jednoduché ovládání, ale omezený výběr barevných stupnic je jeho největší nevýhoda.

Sequential Color Scheme Generator 1.0 je online nástroj, který byl vytvořen v roce 2015 jako součást disertační práce doktorky Alžběty Brychtové, se spoluautory Jitkou Doležalovou a Ondřejem Štrublem. Nástroj slouží k vytváření kvantitativních sekvenčních stupnic pro použití v mapách (Brychtová 2015). Sequential Color Scheme Generator 1.0 umožňuje uživatelům nastavit barevnost schématu, počet intervalů stupnice a barevnou vzdálenost mezi nimi (Brychtová 2015). Počet intervalů pro jednu stupnici je v tomto nástroji prakticky neomezený, závisí jen na rozsahu barevného spektra v daném směru. Na rozdíl od nástroje ColorBrewer 2.0 má uživatel kontrolu nad počátečními a koncovými barvami.

Všechny přednastavené hodnoty v Sequential Color Scheme Generator 1.0 jsou optimalizované pomocí metody CIEDE2000 (Brychtová 2015). Autorka ve své práci také uvádí, že mimo metodu CIEDE2000 se barevná vzdálenost dá vyjadřovat i metodou CIE76, která je i používána nejvíce. Její popularita nejspíše pramení v její jednoduchosti. Co se dokonalosti týče, tak má problémy zejména v oblasti vysoce saturovaných barev (Brychtová 2015). Mimo tyto dvě metody byla v roce 2018 představena metoda barevného rozdílu COL_{DIST} , která je podle jejich autorů lepší než ostatní metody zejména v středním rozsahu vzdáleností barev (Pele a Werman 2012).

2.1.3 Vnímání barev

Pro barevné vidění slouží v oku více než šest milionů čípků, buněk kuželovitého tvaru, které obsahují pigment citlivý na červenou, modrou a zelenou část viditelného světelného spektra (Dylevský 2005). Čípky citlivé na červený a zelený pigment jsou si velmi podobné a většina savců je oproti nám nemá takto vůbec rozlišené a místo nich jejich oči obsahují pouze typ čípků „žlutých“ (Sládek 2015). Toto je obdobné u barvoslepých lidí, v důsledku absence nebo výrazného nedostatku čípků senzitivních na červenou a zelenou barvu vidí pouze dvoubarevně (Sládek 2015). Autor dále rozebírá i poruchy ve vnímání barev, přičemž podle něj je maximální uvažovaný rozsah viditelného spektra pro člověka mezi 360 nm a 830 nm, reálný pak od 380 nm do 780 nm. Citlivost oka klesá nad 650 nm a stejně tak i pod 400 nm. Již zmiňované dvoubarevné vidění má asi 2,6 % mužů a méně než 0,05 % žen a tři tisíce populace postrádají barevné vidění kompletně (Sládek 2015).

Poruchy barevného spektra u lidí jsou způsobeny jednak odlišnou spektrální absorpcí v čípcích, odchylkami v průměrném zastoupení jednotlivých fotoreceptorů v sítnici nebo kompletní absencí fotoreceptorů daného typu (Sládek 2015). Nejčastější je absence červených nebo zelených čípků a ve většině případů jde o dědičnou poruchu. Daleko častější barvoslepost u mužů je způsobena tím, že se tato porucha přenáší jako recesivní alela na chromozomu X a jelikož žena má dva chromozomy X, musela by recesivní alelu mít na obou X chromozomech. Barevné vidění se navíc může měnit i s přibývajícím věkem, jelikož buňky sítnice odumírají, čočka se stává více průhlednou a žlutne a na sítnici starší osoby dopadá daleko méně světla. V konečném důsledku lze 95 % osob klasifikovat mezi osoby s normálním barevným viděním (Sládek 2015).

2.1.4 Hodnocení kvantitativních stupnic v kartografii

Tato diplomová práce se zaměřuje na uživatelské testování rozlišitelnosti jednotlivých barevných intervalů v kvantitativních stupnicích. V různých výzkumech vyvstalo jako nejdůležitější mít mezi jednotlivými intervaly dostatečnou barevnou vzdálenost, která umožní snadné rozlišení (Brychtova a Coltekin 2016). Autorky dále uvádějí, že pro měření vzdálenosti se používá metrika ΔE v rámci CIELAB barevného prostoru, kde CIEDE200 je vylepšenou verzí této metriky a je považována za spolehlivější při velmi malých i velkých rozdílech barev. V jejich výzkumu byl pozorován významný rozdíl v čase potřebném pro odpověď na stimuly s nejnižší vzdáleností barev a dvěma nejvyššími vzdálenostmi barev.

V rámci dalšího z výzkumů byla pomocí eye-trackingu ověřena vhodnost použitých barevných stupnic a počtu intervalů ve fenologických mapách z Atlasu fenologických poměrů Česka. Cílem bylo zjistit, jaký vliv má počet barevných kategorií na rychlost a přesnost interpretace a zda existují rozdíly v interpretaci mezi kartografy a těmi, kartograficky nevzdělanými (Popelka et al. 2014). Výsledky experimentu naznačují, že při použití více než šesti barevných intervalů klesá správnost interpretace a zvyšuje se doba potřebná k vyřešení úkolu (Popelka et al. 2014). Nejhůře si ve správnosti zodpovězených úkolů vedly stupnice růžové, zelené a fialové. Tento fakt může mít důležité dopady na použitelnost a interpretaci kvantitativních barevných stupnic v kartografii.

Barevné stupnice v Atlasu fenologických poměrů Česka (Hájková et al. 2012) nebyly jedinými stupnicemi, které byly podrobeny studii o své funkčnosti. Podobná studie byla provedena nad barevnými stupnicemi Atlasu krajiny České republiky (Kolektiv autorů 2009). V atlase bylo celkem obsaženo 62 stupnic (56 sekvenčních a 6 divergentních), pro které byla pomocí metody CIEDE200 vypočítána barevná vzdálenost (Lachová 2021). Sekvenční stupnice jsou nejčastěji pěti- a šestiintervalové, ale nacházejí se zde i kvantitativní stupnice s až 17 barevnými intervaly. U v atlase použitých kvantitativních stupnic bylo testováno propadání barev, odpovídající intenzita jevu a zda jsou sousední odstíny stupnic dostatečně rozdílné, aby byli lidským okem rozlišitelné (Lachová 2021). Autorkou testované sekvenční stupnice v rámci provedených testů prošly všemi parametry.

Tématem barevných stupnic v kartografii se věnovala také bakalářská práce Andrei Hohnové s názvem Tvorba barevných stupnic podle stylu map. V práci se autorka věnovala vytvoření a následnému uživatelskému otestování barevných stupnic (sekvenčních i divergentních) pomocí metod uživatelského testování dotazníkovým šetřením a technologií eye-trackingu (Hohnová 2016). Autorka šířila dotazník nejen elektronicky, ale i v tištěné podobě, aby otestovala i tištěnou formu vytvořených stupnic. Stupnice byly v rámci práce vytvořené pomocí online nástroje Sequential Color Scheme Generator 1.0 (Hohnová 2016). Autorka v eye-trackingovém experimentu testovala celkem na 61 stimulech. Pro účely testování zvolila 18 šestiintervalových stupnic, 13 devítiintervalových a dvě stupnice, které identifikovala jako problémové pro lidské oko. Respondenti měli položený pokaždé stejný úkol, od nejsvětějšího po nejtmaší seřadit vyobrazené polygony (Hohnová 2016). Autorka při vyhodnocování eye-tracking dat zjistila, že při úkolech se zvyšujícím počtem intervalů se zvyšoval čas pro jednotlivé odpovědi a zároveň rostl i počet celkových fixací na stimulech. Tištěný dotazník, který vyplnilo celkem 20 respondentů, obsahoval 80 testovacích úkolů ke stupnicím s opět šesti a devíti intervaly, kde měli respondenti napsat číslo, podle toho, kolik různých barevných odstínů ve vyobrazené stupnici vidí (Hohnová 2016). Z 80 vyobrazených stupnic bylo 17 z nich vyhodnoceno jako nevhodných, tj. jejich chybovost přesahovala podle odpovědi respondentů 20 % (Hohnová 2016). Mimo tištěného dotazníku autorka do své bakalářské práce zakomponovala

i dotazníkové šetření v online podobě. Cílem online dotazníku bylo zjistit, jaké nástroje pro tvorbu barevných stupnic kartografové používají a zda jim dostačují. U celkem 123 respondentů byl nejpopulárnější nástroj ColorBrewer 2.0, dále někteří používali již také zmíněný Sequential Color Scheme Generator (Hohnová 2016).

2.2 Kognitivní kartografie

Při produkci jakýchkoli děl je důležitá zpětná vazba od koncových uživatelů. Autorům mohou připomínky sloužit pro jejich případné upravení a vylepšení díla v příštím vydání a zmírnit tak jejich autorskou slepotu. Někdy se uživatelské testování zahrnuje jako jeden z kroků tvorby díla a případné nedostatky se tak odhalí dříve, než je dílo pro koncové uživatele přístupné. Kartografická díla vyžadují uživatelské testování více než díla jiná. Mapy, atlasy i jiné kartografické produkty často figurují jako prostředek pro rozhodování ve velmi zásadních okamžicích a je proto nutné, aby na ně uživatelé pohlíželi tak, jak to jejich autor zamýšlel.

Kognitivní kartografie se zaměřuje na porozumění, jak lidé používají informace, které souvisejí s prostorem, jenž je obklopuje (Kitchin a Friendschuh 2000). Autoři vidí kognitivní mapování jako součást obsáhlého oboru výzkumu prostorové kognice, který se zabývá porozuměním prostorového myšlení. Při navigování prostorem si podle Edwarda Tolmana v nervovém systému člověk vytváří obraz reality, který poté používá k orientaci v prostoru v každodenních situacích (Tolman 1948). Tento obraz v mozku se svou strukturou podobá kartografické mapě (Kitchin a Friendschuh 2000). Je zřejmé, že čtení map je daleko více než jen souhrn jednoduchých vjemů různých symbolů různých velikostí (Petchenik 1977).

Testování kartografických děl můžeme rozdělit na dva základní typy, funkční a kognitivní (Popelka 2018). Zatímco funkční testování se v kartografii zaměřuje na účel díla, zda a do jaké míry byl splněn, kognitivní testování je často bráno jako počátek výzkumu s konečným cílem zjistit, jak mapa funguje (Popelka 2018). V konečném důsledku je pochopení problematiky toho, jak uživatel čte mapu pro epistemologa (Petchenik 1977). Obecným cílem je zjistit, jak si na základě papíru (nebo obrazovky displeje) pokrytého schématickými symboly uživatel rozvíjí osobní znalost vztahů mezi věcmi v prostoru.

2.2.1 Uživatelské testování

V oblasti kognitivní kartografie jsou využívány různé metody a techniky z psychologických disciplín pro výzkum uživatelského zážitku a hodnocení použitelnosti (Popelka 2018). Různé metody výzkumu zahrnují tradiční laboratorní studie i moderní online nástroje. Při výběru vhodných metod je běžné kombinovat více přístupů a výsledky těchto studií interpretovat dohromady.

Metody se dělí podle několika kritérií, přičemž Christian Rohrer navrhuje tři hlavní kritéria klasifikace (Rohrer 2014):

1. Subjektivní a objektivní metody: Subjektivní metody zjišťují, co respondenti říkají, zatímco objektivní metody sledují, co respondenti skutečně dělají. Objektivní metody mají tendenci minimalizovat záměrné zkreslení a závislost výsledků na osobě, která test vyhodnocuje.
2. Kvalitativní a kvantitativní metody: Kvalitativní studie získávají data o chování a postojích respondentů na základě přímého sledování, zatímco kvantitativní studie shromažďují data nepřímo prostřednictvím měření a následně kvantifikují a zpracovávají tato data pomocí statistiky.

3. Kontext použití: Toto kritérium popisuje způsob, jakým respondenti hodnocený produkt během testování používají. Může jít o přirozené použití, laboratorní testování, nebo jejich kombinaci. Během přirozeného používání se sleduje chování a postoj respondenta v co nejpřirozenějším prostředí, což může být výhodné, ale zároveň méně kontrolovatelné než testování laboratorní.

Kvalitativní metody jsou vhodnější pro odpovědi na otázky „proč“ a „jak“, zatímco kvantitativní metody se zaměřují na otázky typu „kolik“ (Popelka 2018). Kombinace těchto metod může poskytovat bohatší a komplexnější pochopení uživatelského chování. Volba více metod pro realizaci v rámci jednoho výzkumu přináší výhody také z důvodu omezení neodstranitelných nedostatků každé z metod.

Pro účely autorčina výzkumu bylo vybráno k realizování dotazníkové šetření, jakožto zástupce subjektivní kvantitativní metody a eye-tracking experimentu jakožto metody objektivní kvalitativní. Dotazníkové šetření v případě tohoto výzkumu je subjektivní pouze částečně až skoro vůbec, jelikož pokládané otázky se nezaměřují na názory respondenta, ale na přímé otázky, které reflektují jeho schopnosti a výsledek je tak spíše také objektivní (Štěrba et al. 2015). Eye-tracking je stěžejní částí výzkumu, jelikož přináší kvalitativní a subjektivní vhled do testovaných stupnic a tím pomůže vysvětlit výsledky kvantitativního šetření. Kvalitativní metody jsou cenné při popisování složitých jevů. Můžou být použity pro počáteční testování teorií, vytváření a ověřování hypotéz, které vede k vysvětlení jevu (Sofaer 1999).

2.2.2 Dotazníkové šetření

Dotazníky jsou efektivním a ekonomicky nenáročným nástrojem pro rychlý sběr dat od velkého počtu respondentů. V případě, že se podaří oslovit reprezentativní vzorek osob, mohou poskytovat cenné informace, které lze obecně aplikovat na zkoumanou populaci (Popelka 2018). Dotazníky jsou považovány za kvantitativní a subjektivní metodu výzkumu, kde uživatelé vyplňují předpřipravené otázky.

V kartografii se pomocí vhodně formulovaných otázek v dotazníku dají zjišťovat slabé či silné stránky produktu, což je užitečné pro hodnocení jeho efektivity. Jistou nevýhodou dotazníkových šetření je však závislost na schopnosti retrospekce respondentů a subjektivní povaha jejich odpovědí, které mohou být v rozporu s objektivními výsledky (Popelka 2018).

2.2.3 Eye-tracking

Eye-tracking je výzkumná metoda, která se stala nepostradatelnou v oblasti uživatelského testování a zkoumání lidského zraku. Zájem o lidský zrak a jeho pohyby má dlouhou historii, sahající až k Aristotelovi, který pozoroval, že obě oči se pohybují společně (Popelka 2018). Aristotelova pozorování vedla k počátkům studií o pohybu očí a jejich vztahu k vnímání.

Technologický pokrok v 70. letech minulého století umožnil vylepšení přesnosti eye-trackingu, což otevřelo nové oblasti výzkumu. Technologie eye-trackingu byla také využita k ovládání počítače, což bylo zvláště pro lidi s fyzickým postižením revoluční (Popelka 2018). Virtuální klávesnice na obrazovce umožnila psát pohybem očí, a to i s odlišným rozložením kláves. Kromě ovládání počítače má eye-tracking mnoho dalších aplikací, včetně využití v psychologii. Používá se také v neuropsychologii, rozvojové a kognitivní psychologii (Popelka 2018). V klinickém výzkumu slouží k diagnostice očních a nervových onemocnění, ale i k sledování duševních poruch jako porucha autistického spektra, ADHD nebo Parkinsonova choroba (Popelka 2018).

Eye-tracking je tedy nejen historicky zajímavý, ale i velmi užitečný nástroj pro výzkum lidského zraku a jeho využití sahá do mnoha oblastí lidské činnosti.

Technologie eye-trackingu

Za celou historii eye-trackingových technologií vzniklo několik velice přesných technik měření pohybu očí (Popelka 2018). Obvykle se rozlišují dvě kategorie technik sledování očí, jedny zaměřené na určení polohy oka vzhledem k hlavě a druhé, které sledují směr pohledu, známý jako „Point of Regard“, tedy orientaci oka v prostoru (Young a Sheena 1975).

Duchowski definuje čtyři techniky sledování pohybu očí (Duchowski 2007):

1. Elektrookulografie (EOG): Tato technika sleduje pohyb očí měřením rozdílů elektrického odporu kůže kolem očí. EOG byla první používanou technikou eye-trackingu, ale není příliš přesná.
2. Mechanické nebo optické zařízení na kontaktní čočce: Metoda využívá referenční objekt namontovaný na kontaktní čočce umístěné přímo na oku. Jedná se o velmi přesnou techniku, která ale vyžaduje pečlivou manipulaci a může být pro respondenta nepohodlná.
3. Foto- nebo videookulografie: Technika měří pozici různých částí oka, jako je zornice, limbus a korneální odraz. Interpretace pohybů očí může být prováděna manuálně nebo automaticky.
4. Pupil and Corneal Reflexion Tracking: Tato metoda sleduje střed zornice a korneální odraz infračerveného světla a kameru pro snímání očí respondenta.

V rámci autorčina výzkumu bude k eye-tracking testování využíván eye-tracker Tobii Pro Spectrum 300. Eye-tracker používá čtvrtou ze jmenovaných technik pro sledování pohybu očí, Pupil and Corneal Reflexion Tracking. Zachycuje údaje o pohledu očí s frekvencí až 1200 Hz (De Kloe et al. 2022), nicméně použité zařízení snímalo oční pohyby s frekvencí 300 Hz.

3 METODY A POSTUP ZPRACOVÁNÍ

3.1 Příprava experimentů pro hodnocení barevných stupnic

Ze vypracované rešerše studované problematiky byly pro potřeby uživatelského testování vybrány dvě metody, dotazníkové šetření a eye-tracking experiment. Tématem bylo testování barevných stupnic ve smyslu zjišťování uživatelské schopnosti respondentů identifikovat barevné odstíny v mapě s odstíny v legendě. V celém testování byla respondentům opakovaně pokládána otázka: „Na jaký interval v mapě ukazuje šipka?“. Respondenti odpovídaly buď výběrem z nabídky odpovědí (v případě dotazníku) nebo kliknutím do jimi vybraného obdélníku s barevným odstínem v legendě (v případě eye-trackingu).

Pro účely testování bylo potřeba definovat výzkumné otázky, vybrat vhodné barevné stupnice, vytvořit testované stimuly, provést uživatelské testování a naměřená data analyzovat a vyhodnotit.

3.1.1 Tvorba testovaných stimulů

Pro potřeby uživatelského testování bylo po vybrání vhodných barevných stupnic vytvořeno celkem 15 map. Deset z nich pro dotazníkové šetření a deset pro eye-tracking testování. Pět z 15 vytvořených map bylo použito v obou částech uživatelského testování. Jako vhodné stupnice byly zvoleny jednobarevné sekvenční kvantitativní stupnice z online nástroje ColorBrewer 2.0 (konkrétní kódy barev uvedeny v kapitole 4.2), jelikož byly vyhodnoceny jako často používané. Všechny mapy vznikly v softwaru ArcGIS Pro. V mapách byl vizualizován jev nadmořské výšky s klasifikovanou barevnou stupnicí, pro kterou byly velikosti jednotlivých intervalů navrženy ručně se snahou, aby každá z viditelných barevných vrstev měla ve vizualizovaném povrchu stejně velké zastoupení (stejně velké barevné plochy).

Nadmořská výška byla vizualizována nad územím USA, jelikož se jednalo o neutrální území z hlediska potencionálních respondentů, ale zároveň ne zcela území neznámé. Zdrojem dat je USGS 3D Elevation Program Dataset. Jedná se o dataset s více rozlišeními, který je průběžně aktualizován. Data v rámci tohoto programu jsou dostupná na celostátní úrovni s rozlišením přibližně 30 metrů pro vnitrozemí a lepším rozlišením 3 až 10 metrů pro části Spojených států amerických. Na území Aljašky se rozlišení pohybuje od 5, 10 a 30 metry s místy s nejhorším rozlišením 60 metrů (U.S. Geological Survey a U.S. Department of the Interior 2024).

Tématicky nejdůležitější vrstva barevného rastru byla doplněna liniovou vrstvou administrativních hranic jednotlivých států USA a také administrativními hranicemi okolních států. Pro tyto účely byly použity data z Living Atlasu softwaru ArcGIS Pro. Konkrétně pro hranice států USA vrstva US_StateBoundaries od U.S. Census Bureau a pro hranice okolních států World_Countries od autora Garmin International, Inc.

Celkově byly mapy vypracovány podle zásad tématické kartografie (Voženílek a Kaňok 2011) a doplněny ostatními kompozičními prvky. Mapy byly v provedení na šířku, které více vyhovovalo následnému promítání na monitoru a vyexportovány ve formátu .pdf. Následně byly převedeny do grafické softwaru, kde ke každé z nich byla přidána šipka, která ukazovala na barevný odstín, který měl respondent identifikovat. Z každé mapy tak vznikly tři až sedm testovaných stimulů. Z grafické softwaru byly mapy exportovány ve formátu .png.

3.1.2 Příprava a vyhodnocování dat z dotazníkového šetření

Ve vybrané platformě pro tvorbu a šíření dotazníků LimeSurvey, ve verzi Basic, lze data nejen sbírat, ale i analyzovat. Žádný ze zde dostupných analytických nástrojů, avšak nebyl pro potřeby autorčiny práce použit, jelikož podstata nasbíraných dat byla ve stylu, že každá otázka měla jednu správnou odpověď a zbytek byly odpovědi nesprávné. Analýzy, kde se sledovala procentuální zastoupení jednotlivých odpovědí, které platforma pro dotazníky nabízela, nebyla dostačující, a proto bylo nutno použít jiné statistické softwary a také tabulkový editor Excel.

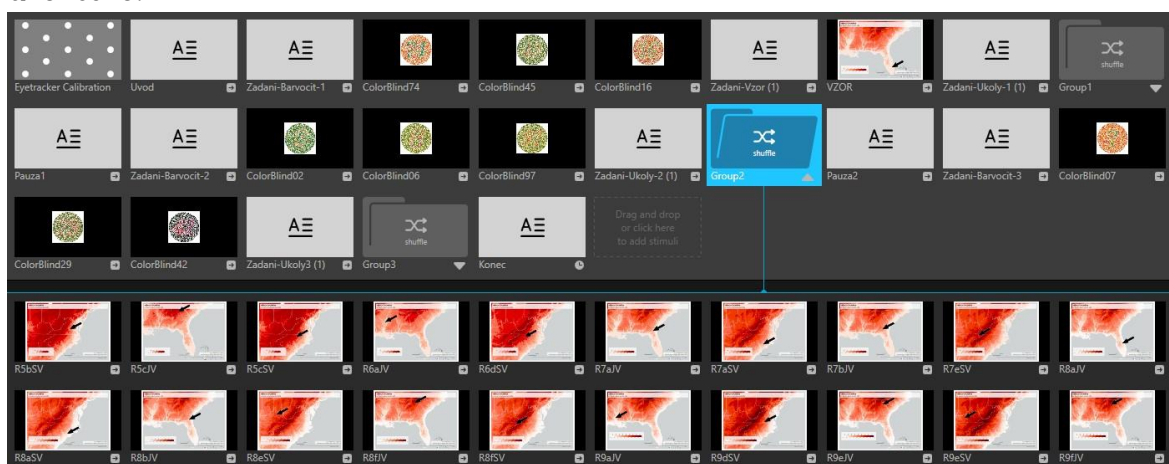
Data byla z platformy vyexportována ve formátu .xlsx (Microsoft Excel Open XML Spreadsheet) a rovnou upravována v softwaru Microsoft Excel. První kroky vedly k formátování tabulky do vhodné podoby za účelem snadného zjištění, které z respondentů vyplněných odpovědí byly správné a které nikoli. Z těchto závěrů byly vytvořeny sloupcové grafy. Některé porovnávaly úspěšnost respondentů mezi stupnicemi s různým počtem intervalů, některé různé odstíny v rámci jedné stupnice a některé mezi různobarevnými stupnicemi.

Dále byla využívána možnost vytvářet v programu Microsoft Excel krabicové grafy, ty byly použity zejména při vizualizacích času potřebného pro správné zodpovězení jednotlivých otázek. Hodnoty času byly před použitím v grafem zbaveny odlehlých hodnot. Pro toto byl použit software Orange. Postup byl převzat ze cvičebnice k předmětu Data Mining od doc. Zdeny Dobešové, konkrétně pomocí již předdefinovaného workflow s názvem 3_Outlier (Dobešová 2022). Po odstranění outlierů nevhodněji pasující metodou Covariance Estimator byly hodnoty vizualizovány do krabicového grafu.

Závěry z dotazníkové šetření byly nejčastěji prezentovány prostřednictvím sloupcových a krabicových grafů.

3.1.3 Příprava a vyhodnocení dat z eye-tracking testování

Po navržení uživatelského testování, vytvoření všech stimulů a vymyšlení celkové struktury a jeho následného přenesení do softwaru od Tobii Pro Lab, bylo spuštěno samotné uživatelské testování. Po téměř měsíci testování bylo s celkem 52 respondenty testování ukončeno.



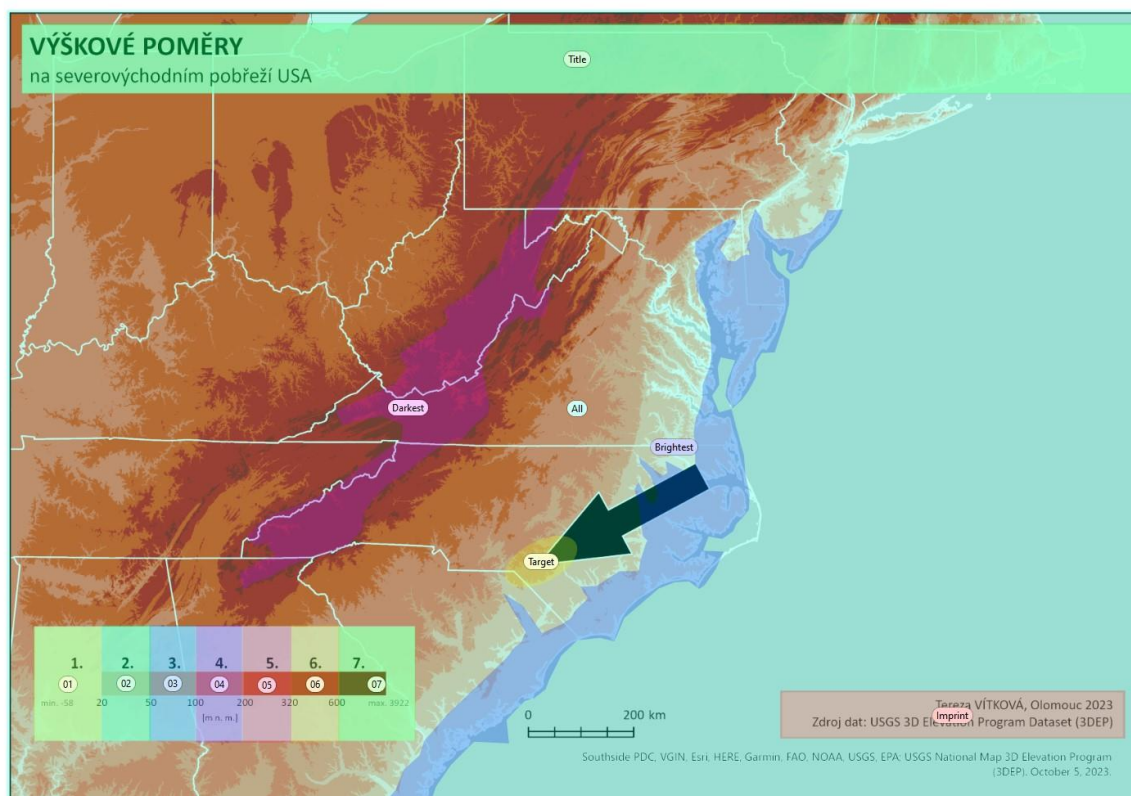
Obr. 1 Struktura eye-tracking experimentu, software Tobii Pro Lab

Pro potřeby následné analýzy dat a samotných odpovědí respondentů bylo třeba individuálně pro každý testovaný stimul navrhnout AOI (oblasti zájmu). Celkem bylo pro každý stimul navrženo 11 až 15 zájmových oblastí. Počet se lišil z důvodu, že individuální oblasti byly navrženy i okolo každého z obdélníků označujícího v legendě jiný barevný

odstín a s různě početně intervalovými stupnicemi se jejich počet lišil. Toto bylo důležité z hlediska toho, že respondenti své odpovědi zaznamenávaly prostřednictvím kliku myši do jimi vybraného obdélníku legendy a přes nadefinované AOI šlo dané odpovědi identifikovat.

Celkově byly nadefinovány následující AOI:

- 01, 02, 03, 04, 05 (06, 07, 08, 09) – obdélníky legendy
- Brightest – nejsvětlejší odstín v mapě
- Darkest – nejtmavší odstín v mapě
- Imprint – tiráž mapy
- Target – oblast okolo šipky; oblast dotazovaného odstínu mapy
- Title – název mapy
- All – celé mapové pole stimulu



Obr. 2 Příklad navržených AOI, stimul R7cSV, software Tobii Pro Lab

3.2 Využití nástroje eyetRack

V diplomové práci je pro hlubší analýzu eye-trackingových dat používán R balíček eyetRack, který byl převeden do Shiny aplikace se stejným názvem eyetRack. Je navržen pro sedm základních funkcí pro zpracování eye-tracking dat z eye-trackeru SMI nebo Tobii. Nástroj byl vytvořen v rámci diplomové práce s názvem Zpracování eye-tracking dat v R na Katedře matematické analýzy a aplikací matematiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci autorkou Veronikou Kalabusovou (Kalabusová 2022). Autorkou vytvořený R balíček je volně dostupný na Github.com, nebo přímo na webové stránce ve formě již zmíněné Shiny aplikace: <https://vkalabusova.shinyapps.io/shiny/>

Datové sady, které chtějí uživatelé pomocí balíčku analyzovat musí obsahovat následující proměnné (Kalabusová 2022):

- Označení stimulu, který respondent sledoval – Presented Media name
- Označení respondenta – Participant name
- Pořadí fixací – Eye movement type index
- Začátek fixací – Event Start Trial Time [ms]
- Konec fixací – Event End Trial Time [ms]
- Délku jednotlivých fixací – Gaze event duration [ms]
- Pozici fixace x – Fixation point X
- Pozici fixace y – Fixation point Y
- Označení oblastí zájmu, do kterých se respondent díval – AOI Name
- Označení druhu pohybu oka (pouze pro eye-trackery Tobii) – Eye movement type

První funkcí v nabídce jsou základní analýzy, pomocí kterých je možno získat úvodní představu o počtu a délce fixací. Vybere se stimul, který chce být analyzován a jeden nebo více respondentů. Vygenerovaná tabulka má pět základních proměnných: počet fixací, které daný respondent udělal (NoF), dobu do první fixace (TTFF) – funkce není dostupná u eye-trackery Tobii, dobu trvání první fixace (FFD), celkovou dobu fixací (TD) a průměrnou dobu trvání fixace (AFD). Tato tabulka, stejně jako každá další se dá v prostředí aplikace vyexportovat ve formátu .csv.

Další funkce, záložka Barplot-AOI, umožňuje vykreslit sloupcový graf s počty a délkou fixací v definovaných oblastech zájmu pro každého respondenta a každý testovaný stimul. Barvu znázorněných sloupců pro každý ze sledovaných AOI si lze individuálně navolit. Celkem se pro každého zvoleného respondenta a testovaný stimul vytvoří dva sloupcové grafy. Jeden vizualizuje počet fixací v jednotlivých oblastech zájmu, ten druhý celkovou dobu trvání fixací v dané oblasti zájmu stimulu. Graf lze vyexportovat ve formátu PDF.

Třetí funkce, záložka nazvaná Vizualization, je vytvořena pro vizualizaci sakád a fixací. Fixace lze vykreslit samostatně, nebo pomocí výběru jedné z možností, které využívají rekurentní kvantifikační analýzu (Kalabusová 2022). Do grafu je také možno zahrnout proměnnou času, která podle rozdílně dlouhých fixací vykreslí různé velké tečky okolo bodově vyznačených fixací. Celkem je na výběr pět různých možností oné vizualizace. Jsou to metody simple, simple with time, fixed distance, fixed grid, AOI a AOI with time (Kalabusová 2022). Vygenerovaný scanpath s uživatelem navolenými parametry lze vykreslit s originálním obrázkem, na kterém byl daný scanpath uživatelem proveden. Nástroj dokáže pro tyto účely zpracovat obrázek pouze ve formát JPEG.

3.2.1 Rekurentní kvantifikační analýzy

Analýzy kvantifikace rekurence se používají k popisu dynamických systémů, pro které se k jejich charakterizování staly metody analýz časových řad nedostatečné (Anderson et al. 2013). Analýze rekurence se v nástroji eyeTrack věnují dvě ze sedmi naprogramovaných funkcí. První z nich v záložce Recurrence vytvoří matici rekurence a také rekurentní body pomocí grafu rekurence vizualizuje. Uživatel si zvolí jednu z nabízených metod (Fixed distance, Fixed grid nebo AOI) a zda chce do analýz zahrnout i dobu trvání fixací. Následně vygenerovaný graf lze uložit ve formátu PDF a lze také ve formátu CSV uložit matici rekurence na základě, které byl graf vytvořen. V samotné aplikaci matice viditelná není. V případě, že uživatel chce spočítat základní míry, které se v rekurentní kvantifikační analýze využívají, může použít následující záložku RQA. Uživatel opět vybere obrázek a respondenta, kterého chce tímto způsobem analyzovat a jakou z nabízených metod preferuje, stejně tak jestli si přeje uvažovat čas.

Výstupem analýzy jsou čtyři kvantifikované proměnné: míra rekurence, míra determinismu, míra laminarity a CORM (Center of recurrent mass). Míra rekurence reprezentuje informaci o tom, jak často se respondent vracel do již dříve zrakem navštívené oblasti (Kalabusová 2022). Druhou proměnnou je míra determinismu, která vyjadřuje, jak často lidé při sledování testovaného stimulu opakují určité vzory (Kalabusová 2022). Autorka ve své diplomové práci také vysvětluje, že při uvažování doby trvání fixací míra determinismu vyjadřuje procento času rekurentních fixací, které opakují nějaký vzor. V grafu se tato míra projevuje opakujícími se body v diagonále. Míra laminarity poukazuje na detailnější prohlížení určité oblasti daného stimulu (Kalabusová 2022). Pokud do analýzy zahrnujeme i dobu trvání fixací, pak míra laminarity vyjadřuje procento celkového času rekurentních fixací, které byly věnovány opětovnému prohlížení vybraných oblastí nebo jejich detailnímu prohlížení s později uskutečněným návratem do stejné oblasti (Kalabusová 2022). V grafu je reprezentována horizontálními a vertikálními liniemi. Vodorovné linie představují oblasti, na které se respondent do detailu zaměřil a poté se zrakem na místo letmě vrátil. Naopak svislé linie představují oblast, kterou respondent prvně letmo prohlédl a pak se na ni více detailněji zaměřil. Poslední proměnnou je míra CORM, která vyjadřuje kde v čase se přibližně vyskytuje většina rekurentních bodů (Kalabusová 2022). Autorka také specifikuje, že pokud při výpočtu uživatel uvažuje dobu trvání fixací, poté CORM označuje, u kterých rekurentních fixací strávil respondent nejvíce času. Nízké hodnoty vyznačují, že k refixacím dochází spíše v blízkém časovém horizontu, zatímco vysoké hodnoty indikují tendenci refixací vyskytovat se značně vzdáleně v čase od sebe (Anderson et al. 2013).

3.2.2 Analýza ambientní a fokální pozornosti

Za účelem vizualizace koeficientu K existuje v aplikaci *eyetRack* záložka *Ambient/Focal Attention*. Záložka obsahuje možnost otevřít ji ve dvou variantách, té *Single* pro vizualizaci pouze jednoho respondenta a jednoho stimulu zároveň nebo ve verzi *Multiple*, která umožňuje koeficient K vizualizovat na jednom vybraném stimulu pro více respondentů najednou. Tímto způsobem vytvořený graf má uživatel možnost vyexportovat ve formátu *.pdf*, nebo je zde i možnost exportovat tabulku s výslednými hodnotami ve formátu *.csv*.

Koeficient K definuje, jaká forma pozornosti u respondenta převažuje, zda se jedná o okolní (ambientní) nebo ohniskovou (fokální) pozornost (Krejtz et al. 2017). Autoři ve svém článku vysvětlují, že okolní pozornost je charakterizována relativně krátkými fixacemi, následována delší sakádou a ohnisková vzdálenost je naopak vyznačována dlouhými sakádami a následnými krátkými fixacemi. Pomocí koeficientu K zachycujeme časový vztah mezi standardizovanou délkou fixace a následnou amplitudou sakády (Krejtz et al. 2017). Koeficient větší než 0 znamená ohniskové sledování stimulu respondentem, naopak hodnota koeficientu menší než 0 indikuje okolní pozornost (Krejtz et al. 2017).

4 NÁVRH UŽIVATELSKÉHO TESTOVÁNÍ

Uživatelské testování tvoří stěžejní roli v celé práci a jeho správný návrh zajistí správnost a přínosnost celého výzkumu. I proto bylo nutné všechny kroky před jeho samotným spuštěním několikrát promyslet a neuspěchat jeho oficiální spuštění. Špatná struktura otázek by mohla způsobit odrazení respondenta a jeho neochotu testování dokončit. Špatná formulace by mohla vést ke špatným odpovědím a následnému zkompromitování výsledků. Následující kapitola bude věnována návrhem celého uživatelského testování.

Pro naplnění cílů k ověření schopnosti respondenta rozeznat barevné odstíny v různých barevných stupnicích byl navržen jednoduchý princip otázek. Respondenti dostali stále se opakující otázku, úkol, identifikovat šipkou označený barevný odstín v mapě s odstíny v legendě.

V dotazníku výzkumu byl úkol (otázka) přesně formulována takto: „Na který interval v mapě ukazuje šipka? Náповěda: Pomocí legendy identifikujte barevný odstín označený šipkou.“ Byla zde přítomna i anglická verze otázky a celý dotazník byl šířen i v anglické jazykové variantě.

4.1 Výzkumné otázky

Předpokladem celého výzkumu bylo, že s přibývajícimi intervaly ve stupnicích bude narůstat chybovost v odpovědích. Onu chybovost bude práce porovnávat z hlediska různé skupiny respondentů, různé barevné stupnice a různé varianty map. Bude také sledován čas potřebný ke správnému zodpovězení otázek, předpokladem je, že kartograficky nevzdělaní respondenti budou na správné odpovědi v testování potřebovat více času.

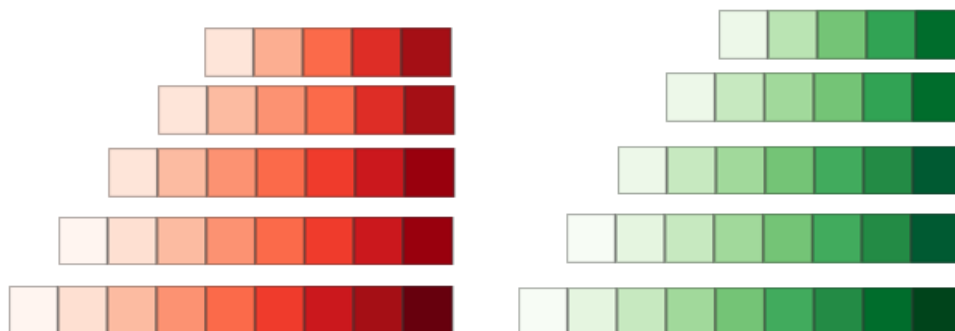
Mimo správnosti odpovědi se také sleduje způsob toho, jak respondent k dané odpovědi dospěl. Vytvořené mapy s barevnými stupnicemi na jevu nadmořské výšky nepřímo respondenty vybízely k odpočítávání barevných odstínů od nejsvětějšího nebo nejtmaějšího odstínu, proto byly vizualizovány oblasti s viditelně zobrazeným pobřeží a dostatečně velkou plochou s nejtmaějším odstínem (vysoké pohoří). Jako protiklad ke způsobu identifikace barevného odstínu přes odpočítávání se jevil způsob porovnávání dotazovaného odstínu s odstíny v legendě prezentované jednotlivými obdélníky. Předpokládá se, že většina kartograficky vzdělaných respondentů bude využívat způsob odpočítávání a u nekartografů spíše porovnávání.

V konečném důsledku byla tedy snaha ověřit zda:

- s přibývajícím počtem intervalů ve stupnicích roste chybovost
- odpovědi nekartografů dosahují větší chybovosti než odpovědi kartografů
- správnost identifikace barevných odstínů záleží na konkrétní mapové vizualizaci
- doba ke správnému zodpovězení je delší u nekartografů než u kartografů
- kartografové odstíny identifikují přes metodu odpočítávání a nekartografové metodou porovnávání odstínu s legendou

4.2 Testované stupnice

Pro účely výzkumu barevných stupnic v kartografii a provedení uživatelského testování na jejich interpretovatelnost byly vybrány dvě stupnice z online nástroje ColorBrewer 2.0. Bylo tak rozhodnuto z důvodu, že se jedná o velmi populární nástroj, který byl vytvořený s přímým cílem doporučovat vhodné stupnice pro kartografické účely. Je tedy možné se domnívat, že zde publikované stupnice byly použity v nepřeberném množství vědeckých i populárně-naučných mapových produktech.



Obr. 3 Vybrané stupnice k testování, zdroj ColorBrewer 2.0

Při studiu zkoumané problematiky na základě podobných vědeckých studií, zabývajících se barevnými stupnicemi v kartografii (např. (Brychtová a Vondráková 2014), (Brychtová a Coltekin 2016)), byla vybraná k uživatelskému testování červená a zelená barevná stupnice (Obr. 3). Dalším důvodem k výběru těchto dvou barev bylo přesvědčení o jejich velmi častém používání v médiích a veřejném prostoru obecně. Červené stupnice byly hojně používány v období covidu-19 (Mahdalová 2021) a při socioekonomických tématech obecně (Mahdalová 2024) a zelené stupnice se naopak často využívají k vizualizaci přírodních jevů.

K testování byly vybrány dvě jednobarevné sekvenční stupnice v rozsahu od pěti až devíti barevných intervalů. Použité barvy ve stupnicích měly následující kódy hex:

1. Červená stupnice

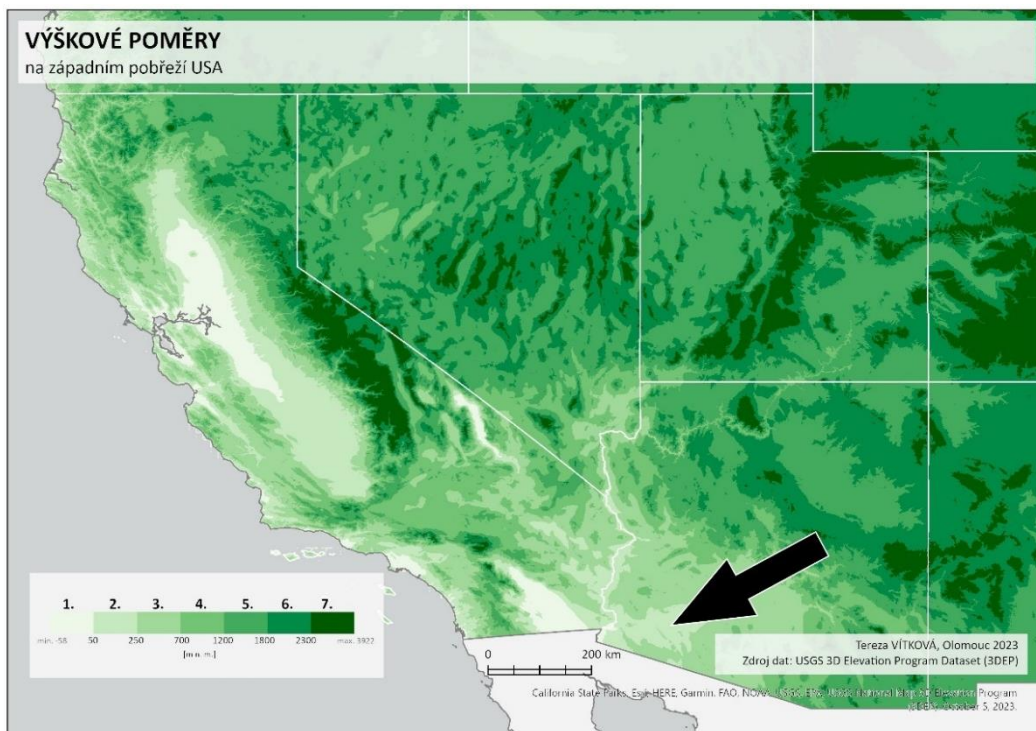
- Pětiintervalová: #fee5d9, #fcae91, #fb6a4a, #de2d26, #a50f15
- Šestiintervalová: #fee5d9, #fcbba1, #fc9272, #fb6a4a, #de2d26, #a50f15
- Sedmiintervalová: #fee5d9, #fcbba1, #fc9272, #fb6a4a, #ef3b2c, #cb181d, #99000d
- Osmiintervalová: #fff5f0, #fee0d2, #fcbba1, #fc9272, #fb6a4a, #ef3b2c, #cb181d, #99000d
- Devítiintervalová: #fff5f0, #fee0d2, #fcbba1, #fc9272, #fb6a4a, #ef3b2c, #cb181d, #a50f15, #67000d

2. Zelená stupnice

- Pětiintervalová: #edf8e9, #bae4b3, #74c476, #31a354, #006d2c
- Šestiintervalová: #edf8e9, #c7e9c0, #a1d99b, #74c476, #31a354, #006d2c
- Sedmiintervalová: #edf8e9, #c7e9c0, #a1d99b, #74c476, #41ab5d, #238b45, #005a32
- Osmiintervalová: #f7fcf5, #e5f5e0, #c7e9c0, #a1d99b, #74c476, #41ab5d, #238b45, #005a32

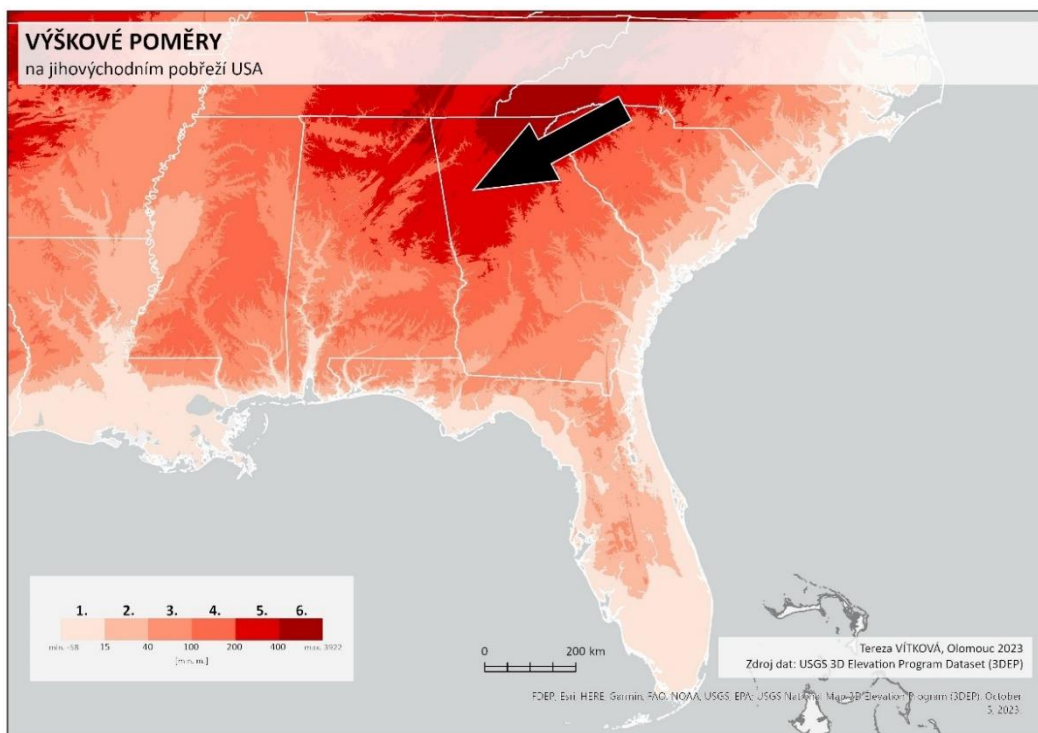
4.3 Testované stimuly

V celé práci se pracuje s přesvědčením, že osoby s kartografickým vzděláním budou při vizualizaci barevné stupnice na spojitěm jevu odpočítávat jednotlivé odstíny od nejsvětlejšího nebo nejtmavšího odstínu, dokud se nedostanou k odstínu, který mají v dané otázce identifikovat a následně stejně odpočítávat i odstíny v legendě. Z důvodu této ideje bylo nutno vizualizovat spojitý jev, který bude pro respondenty snadno pochopitelný a budou si jisti jeho spojitostí. Jako ten nejjednodušší a zároveň snadno datově dostupným se jevil fenomén nadmořské výšky.



Obr. 4 Příklad testovaného stimulu zelené stupnice (G7a)

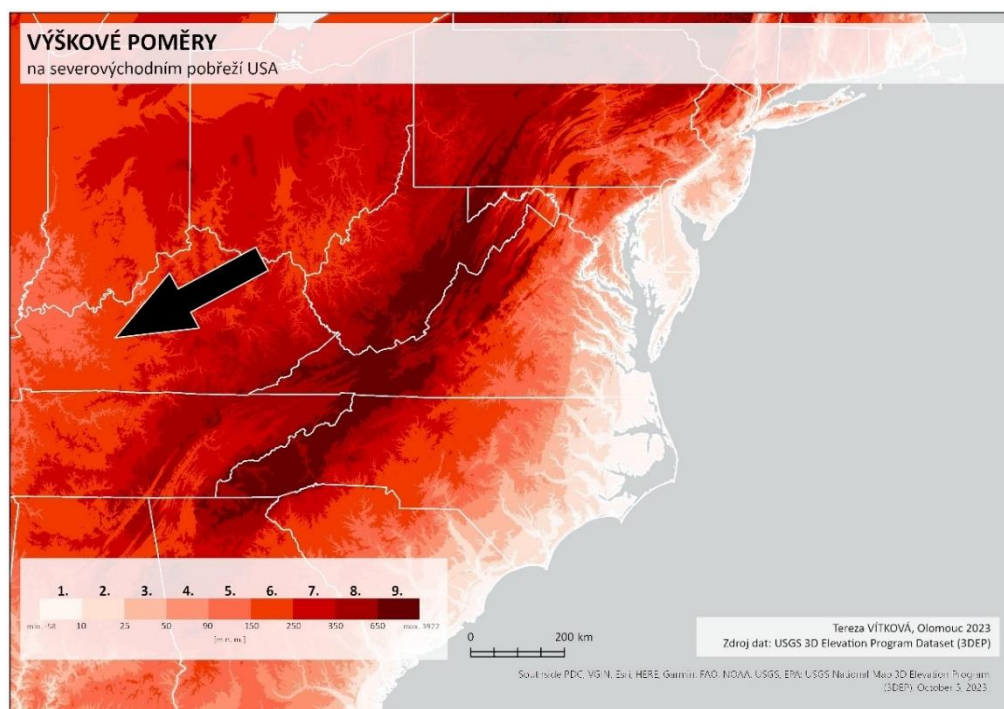
Pro potřeby celého výzkumu bylo potřeba vybrat tři území, na kterém se budou barevné stupnice vyobrazovat. K opětovnému napomáhání odhalit respondentům možnost odpočítávat odstíny od nejtmaššího (nejsvětějšího) odstínu bylo cílem vybrat část USA s na mapě viditelným pobřežím. Nakonec byla vytvořena jedna mapa se západním pobřežím a dvě s východním. Východní pobřeží bylo pro potřeby map vhodnější, jelikož je tamější stoupaní nadmořské výšky mírnější než na pobřeží západním, kde se nachází Kaskádové pohoří a pohoří Sierra Nevada.



Obr. 5 Příklad testovaného stimulu červené stupnice, varianty JV oblasti USA (R6dJV)

Na západním pobřeží na jihu Spojených států amerických byla zobrazena zelená barevná stupnice (Obr. 5). Východ Spojených států byl vyobrazen na dvou variantách map pro červenou stupnici. Jedna varianta se zobrazuje jihovýchodní částí USA (Obr. 5) a druhá ze severovýchodní části USA (Obr. 6).

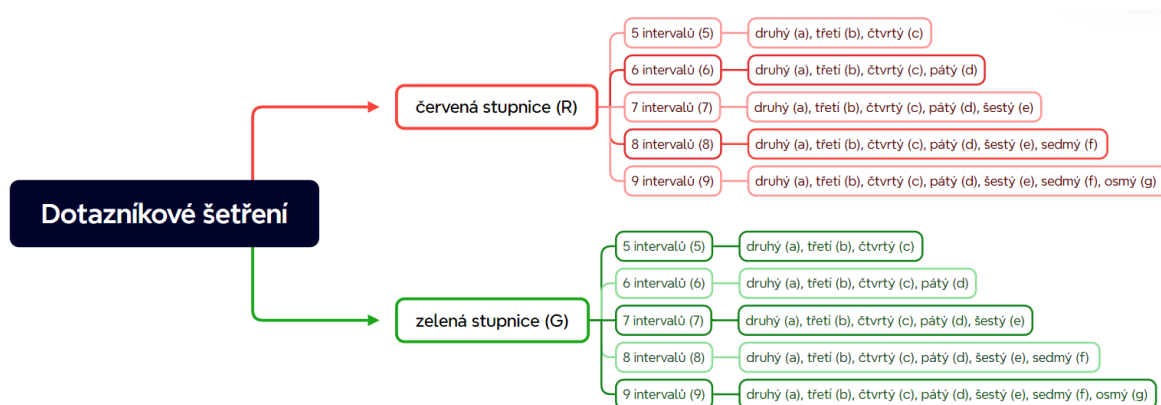
Pro snadnou identifikaci jednotlivých barevných odstínů bylo nutné nastavit intervaly stupnic manuálně s cílem zajištění přibližně stejně velkých barevných ploch s jednotlivými odstíny. Zároveň byla snaha intervaly tvořit alespoň trochu dekadicky. Zároveň bylo nad každý barevný interval v legendě přidáno jeho pořadové číslo, které odpovídalo číslům v možných odpovědích pro jejich snadnou identifikaci respondenty.



Obr. 6 Příklad testovaného stimulu červené stupnice, varianty SV oblasti USA (R9e)

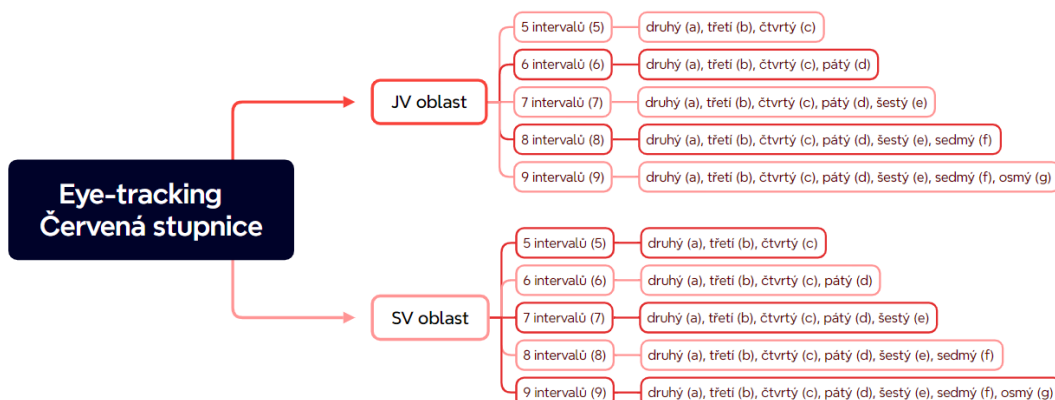
Dotazovaný barevný odstín byl v mapě označen černou šipkou s bílým obrysem pro jednoduchou viditelnost v mapě. Vybraný odstín, na který daný testovaný stimul dotazoval byl vždy vybrán dostatečně velký s ohledem na velikost i okolních barevných odstínů. Vždy bylo zajištěno, aby se k dotazovanému odstínu v mapě existovala posloupná a subjektivně snadná cesta k nejtmaššímu nebo nejsvětlejšímu odstínu mapy. Již zmíněná volba hodnot pro jednotlivé intervaly jevu nadmořské výšky měla zajistit podobně velké areály jednotlivých odstínů. Pochopitelně se ale s přibývajícím intervaly ve stupnici velikost intervalů jednotlivých barevných ploch s odstíny zmenšovala. Ne vždy byla možná zajistit úplně stejná velikost areálů, z důvodu specifických charakteristik tamějších výškových poměrů. Z důvodu závislosti schopnosti respondentů rozeznat barevné odstíny na velikosti barevných ploch došlo v eye-trackingové části výzkumu k otestování jedné barevné stupnici na dvou různých územích, aby se právě ověřila tato závislost a proběhlo dvojí ověření barevného odstínu stejné stupnice.

Pro každou z barev (popřípadě územních variant) bylo vytvořeno 25 testovaných stimulů. Každá varianta pokrývala stupnice od pěti až do devíti intervalů. V rámci testování se nebylo dotazováno na nejsvětlejší a nejtmaší odstín stupnice. Pro pětiintervalovou stupnici byly tedy tři stimuly, pro šestiintervalovou stupnici čtyři stimuly, pro sedmiintervalovou pět stimulů, pro osmiintervalovou šest stimulů a devítiintervalovou stupnici stimulů sedm. Pro usnadnění práce se stimuly a jejich jednoduchou identifikaci bylo navrženo strukturované pojmenovávání. Testované jsou dvě barevné stupnice, červená a zelená, proto všechny soubory se stimuly začínají buď písmenem R (red – červená) nebo G (green – zelená). Poté v názvu následuje číslo od 5 do 9, které indikuje kolik intervalů daná stupnice má. Následují písmena od a po g označující barevné odstíny, na které bylo v daném stimulu dotazováno. Písmeno a označuje druhý odstín v mapě, písmeno b třetí, d čtvrtý, e pátý, f šestý a g sedmý. Pro stimuly zobrazující červenou stupnici vznikly dvojí verze map zobrazující odlišné území USA, pro odlišení těchto variant stimulů se na konec názvu přidává dvojice písmen SV pro severovýchodní oblast Spojených států amerických a JV pro jihovýchodní oblast.



Obr. 7 Schéma vytvořených stimulů pro dotazníkové šetření

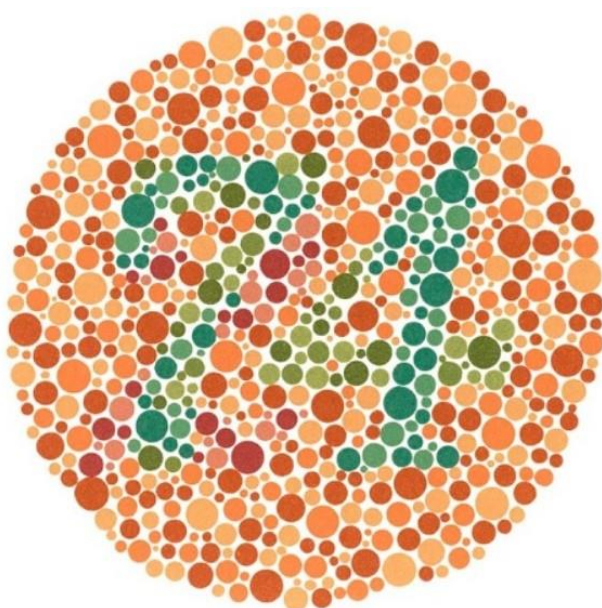
Pokud se v některých grafech vyskytuje souhrnný údaj za daný stimul pro jeden odstín v červené stupnici bez ohledu na území není v názvu uvedeno ani JV ani SV (např. souhrnný údaj za R6aJV a R6aSV dostane označení R6a).



Obr. 8 Schéma vytvořených stimulů pro eye-tracking testování

4.4 Screeningové vyšetření barvocitu

Z důvodu zaměření výzkumu na barvy bylo více než vhodné zařadit do obou částí uživatelského testování test respondentova barvocitu. Pro účely autorčina uživatelského testování byl pro ověření případné barvosleposti vybrán Ishihara test, který spočívá v identifikování čísel ve vyobrazených barevných grafikách. Číslo nemá jasně definované okraje, celá grafika, nejčastěji vyobrazovaná do kruhu, je tvořena s různě velkými kolečkami. Číslo se pouze více či méně liší barvou od zbytku obrázku. Pro kompletní ověření barvosleposti se často používá takovýchto obrázků 12 (Colorlite Ltd. 2024). Pro potřeby autorčina testování bylo stanoveno testování barvocitu respondentu na pouze devíti grafikách pro eye-tracking test a osm pro dotazník. Toto rozhodnutí bylo uděláno na základě toho, že v případě zde probíraného testování šlo pouze o barvy červené a zelené, a tudíž nebylo potřeba provádět test v celé jeho původně doporučené délce. V neposlední řadě byla snaha o zamezení nepodstatného prodlužování již velké délky předkládaných testů.



Obr. 9 Použitá grafika pro test barvocitu (Ishihara test) zdroj: <https://www.colorlitelens.com/>

V dotazníkovém šetření měli respondenti za úkol identifikovat tato čísla: 74, 45, 16; 7; 97, 29, 2; 42. Eye-trackingový výzkum obsahoval v Ishihara testu čísla tato: 74, 45, 16; 2, 6, 97; 7, 29, 42.

Rozdílný počet vyobrazených obrázků Ishihara testu v dotazníku a eye-tracking výzkumu byl způsoben různou strukturou vytvořených testů. Dotazník byl rozdělen do čtyř částí; každá stupnice na dvě části. Před první částí map se nacházely grafiky tři, poté v polovině červené stupnice jedna (měla pouze funkci navodit pro respondenty pocit pauzy mezi testovanými stimuly), po konci červené stupnice další tři a po polovině map s vizualizovanou zelenou stupnicí opět pouze jedna další grafika, která opět figurovala pro přerušování jednotvárnosti celého dotazníku a navození pocitu pauzy. V eye-trackingové části výzkumu došlo k rozdělení testovaných stimulů na tři části a mezi každou byly vybrány grafiky tři. V obou případech šlo o grafiky stejné s tím rozdílem přidání do eye-tracking testu jedné další.

Celkem bylo u všech respondentů vyzorováno, že největší problém dělala vyobrazená dvojciferná čísla. Číslici sedm často zaměňovali za jedničku a číslice pět

za šestku. Celkem se během eye-trackingového testování vyskytlo šest respondentů, kteří v celém testování špatně identifikovali jednu číslici. Jeden z respondentů v eye-tracking výzkumu v otázkách Ishihara testu špatně identifikoval pět číslic. Šlo o respondenta s kartografickým vzděláním a pořadovým číslem 43. Z tohoto důvodu bylo otestováno o jednoho člověka navíc, co se skupiny kartografů týče. Při kontrole a větší analýze dat ale došlo k zjištění, že špatné výsledky v testu barvocitu nijak zvlášť neovlivnili úspěšnost odpovědí v otázkách na barevné odstíny a respondentův počet chyb se při porovnání s ostatními nijak nevymyká. Proto odpovědi i tohoto respondenta ve vzorku zůstaly a pro srovnání počtu byl otestován ještě jeden respondent pro skupinu osob bez kartografického vzdělání. Konečný počet respondentů v eye-trackingové části výzkumu je 52 osob, 26 v každé ze skupin.

Úspěšnost Ishihara testu v dotazníku byla již na první pohled nižší než u eye-trackingového testování. V konečném důsledku se ale stávalo, že respondenti často svou nesprávnost odpovědí sami odhalili a v dotazníku již dále nepostupovali. Proto i z toho důvodu nebylo téměř potřeba z nasbíraných dat respondenty mazat.

5 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

Dotazník měl v autorčině práci figurovat jako nástroj pro nasbírání většího počtu respondentů, než jaký bylo schopno zajistit v eye-trackingové části a pomoci dovysvětlit a podpořit jeho závěry. Prvotní plány počítaly s 300 odpověďmi pro každou z vybraných barevných stupnic. Z důvodu tématu dotazníku a jeho celkové struktury a délky se ale nepočítalo se stoprocentní návratností a kompletností vyplňování. Jak tomu ale bylo v reálu a kolik se nakonec odpovědi povedlo nasbírat, bylo daleko pod původní očekávání.

5.1 Platforma na dotazníkové šetření

Za poslední roky se dotazníková šetření přesunula do online podoby a ačkoli stále existují případy, kdy je výhodnější použít jejich papírovou podobu, trh s internetovými platformami oplývá různými možnostmi. Při potřebě základní funkcionality a malého počtu odpovědí je jednoduché najít vhodnou platformu zdarma a většina nabídek nejzákladnější variantu své služby zdarma nabízí. V případě komplexnějšího šetření se specifitější strukturou dotazníku se nejde vyhnout platbě.

Typ otázky, možnost různých způsobů odpovědí, počtu odpovědí, možnosti sdílení dotazníků nebo způsoby analýzy nasbíraných dat jsou nejčastější parametry pro výběr konkrétní platformy pro dotazníkové šetření. Pro potřeby tohoto výzkumu hrál největší roli počet možných odpovědí, možnost zaznamenávat čas u dané otázky a bezesporu i platební podmínky platformy. V následujícím seznamu bude rozebráno 11 klíčových platform se zaměřením na jejich přednosti oproti ostatním, stejně tak jako obecné informace o každé ze vybraných.

1. ClickforSurvey

- Cloudová služba, freemium model s placenými verzemi
- Distribuce dostupná přes odkazy, e-mail, vložení na webové stránky
- Uživatelsky přívětivá platforma s intuitivním rozhraním pro rychlé vytvoření dotazníku a získání odpovědí od respondentů

2. Google Forms

- Cloudová služba, zdarma s účtem Google
- Distribuce přes odkazy nebo vložení na webové stránky
- Bezplatná služba integrovaná s Google Workspace, což umožňuje snadnou tvorbu a sdílení dotazníků pro uživatele tohoto prostředí

3. JotForm

- Cloudová služba
- Freemium model s placenými verzemi a možností vlastního brandingů
- Flexibilní nástroj s možností zakreslování odpovědí přímo do stimulů a integrací s různými aplikacemi.

4. LimeSurvey

- Open-source software, zdarma v základní verzi
- Možností vlastního hostingu nebo placené služby
- Distribuce přes odkazy, e-mail, vložení na webovou stránku
- Rozsáhlé možnosti přizpůsobení a podpora pro mobilní sběr dat

5. Microsoft Forms

- Cloudová služba od společnosti Microsoft, součást balíčku Microsoft 365, který má různé cenové plány

- Distribuce přes e-mail, Microsoft Teams, odkazy
- Integrovaná platforma ve službách Microsoft 365 s jednoduchou distribucí a exportem dat do aplikace Microsoft Excel

6. Qualtrics

- Cloudová služba, placený nástroj s různými licenčními možnostmi
- Distribuce přes e-mail, webové odkazy, sociální média
- Pokročilý nástroj pro výzkum s analytickými funkcemi a možností integrace s různými systémy

7. SurveyGizmo

- Cloudová služba, placený nástroj s různými cenovými balíčky
- Distribuce přes e-mail, odkazy, vložení na webovou stránku
- Umožňuje tvorbu rozsáhlých a komplexních dotazníků s analytickými nástroji pro hlubokou analýzu dat

8. SurveyLegend

- Cloudová služba, freemium model s placenými verzemi
- Distribuce přes odkazy, mobilní aplikace pro offline sběr
- Nabízí kvalitní design dotazníků, offline sběr dat a jednoduchou analýzu a reportování

9. SurveyMonkey

- Cloudová platforma, freemium model s placenými verzemi
- Možnost distribuce přes e-mail, odkazy, sociální sítě
- Snadné vytváření dotazníků a analytické nástroje, které usnadňují sběr a analýzu dat

10. Survio

- Webová služba, základní verze zdarma s možností prémiových účtů s rozšířenými funkcemi
- Distribuce prostřednictvím online odkazů, e-mailu a sdílení na sociálních sítích
- Nástroj s jednoduchým a intuitivním rozhraním pro vytváření dotazníků a snadným sběrem dat

11. TypeForm

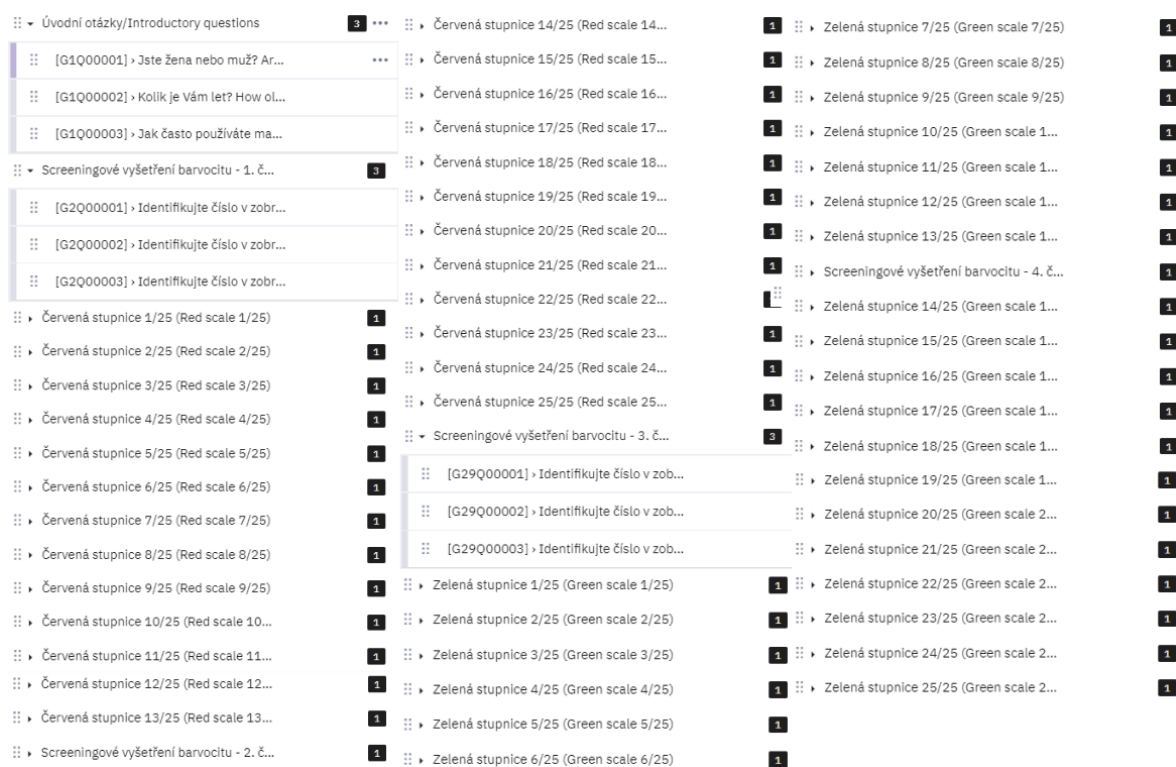
- Cloudová služba, freemium model s placenými verzemi
- Distribuce přes odkazy nebo vložení na webové stránky
- Esteticky příjemný design dotazníků s interaktivními otázkami, které zlepšují uživatelskou přívětivost aplikací

V závěru bylo vybíráno pouze z pěti platform, neboť jenom SurveyMonkey, Typeform, Qualtrics, SurveyGizmo a LimeSurvey nabízí možnost zaznamenat čas respondenta u jednotlivé otázky. V požadovaném nastavení a množství odpovědí se žádná z možností nenabízela bezplatně, tudíž dalším kritériem byla cena a platební podmínky celkově. Některé z uvedených platform nabízí pouze platbu jednou ročně, což se pro účely na jednorázový výzkum k diplomové práci nevyplatí. Při sečtení všech možností a porovnání cen byla zvolena platforma **LimeSurvey ve verzi Basic**, která nabízí u dotazníků tisíc odpovědí za měsíc, 250 MB úložiště pro soubory, všechny jejich nabízené typy otázek a možných odpovědí a již zmíněnou možnost zaznamenávání času u otázky.

5.2 Struktura dotazníku

Cílem dotazníku bylo otestovat dvě různobarevné kvantitativní spojitě barevné stupnice z interaktivního online nástroje ColorBrewer 2.0, červenou a zelenou. Z důvodu poněkud vysokého počtu otázek bylo rozhodnuto o prvotním zařazení otázek na červenou stupnici, protože se očekává vysoký počet nedokončených dotazníků a tímto byla snaha získat více odpovědí na více preferovanou červenou stupnici. Tento předpoklad byl naplněn, na otázky k zelené stupnici bylo nasbíráno o čtvrtinu méně odpovědí. Konečný počet 50 otázek na jednotlivé barevné odstíny bylo nutno vhodně rozdělit do méně početných skupin otázek a proložit jejich vyplňování jinou aktivitou nebo odlišnou formou otázek. Nakonec bylo rozhodnuto o rozdělení map na čtyři části.

Dotazníková platforma LimeSurvey při návrhu dotazníku jednotlivé otázky řadí do skupin, ke kterými se nelze zpětně vrátit. Jednotlivé skupiny jsou odděleny na samostatný list dotazníku, což vyhovuje funkci na zaznamenávání času u jednotlivých otázkách. Pro správné fungování této funkce bylo nutno řadit všechny otázky na barevné odstíny ve stupnicích do nových skupin otázek. V závěru dotazník obsahoval 61 otázek a 55 skupin otázek.



Obr. 10 Struktura dotazníku v prostředí platformy LimeSurvey

První část dotazníku, první skupina otázek, se dotazovala na sociodemografické otázky. O respondentech se zjišťoval jejich věk, pohlaví a aby specifikovali četnost jejich používání mapových produktů. Poté následovala první část screeningového testu barvocitu, která byla zařazena do nové skupiny. Respondenti byli dotazováni na identifikaci tří čísel z různobarevných grafik. Po těchto šesti otázkách následovala první sada 13 otázek na barevné odstíny v mapách. Dotazníková platforma LimeSurvey neobsahuje funkci náhodného řazení otázek při rozpoložení každé otázky do nové skupiny, která byla nutná pro správné fungování záznamu času. Proto bylo stanoveno pevné pořadí barevných odstínů, na které bylo dotazováno. Otázky na červenou barevnou stupnici byly po 13 přerušeny další částí screeningového vyšetření barvocitu, tentokrát pouze s jedním

úkolem na identifikaci čísla. Kromě otázky na barvocit se v této skupině otázek vyskytovala vtipná grafika, která měla prolomit jednotvárnost celého šetření. Následujících 12 skupin otázek se doptávalo na zbytek červených barevných odstínů. Přelom poloviny dotazníku obsahoval další test barvocitu s třemi úkoly na čísla v obrázcích.

5.2.1 Spuštění a šíření dotazníku

Pilotní testování dotazníku bylo spuštěno dne 24. 1. 2024 a prvních pět respondentů bylo po konci testu dotázáno o poskytnutí zpětné vazby na celý dotazník. Šlo o osoby různého věku, vzdělání a zkušeností s mapovými produkty s přímou osobní vazbou na autorku. Nimi poskytnuté rady a doporučení byly do dotazníku zakomponovány a oficiální spuštění dotazníku bylo 31. 1. 2024. Mezi doporučeními od osob během pilotního testování chodu dotazníkového šetření byla zejména úprava struktury dotazníku, z důvodu optimalizace načítání jednotlivých mapových testovaných stimulů. Jednomu ze zkušebních respondentů se větší množství map na jedné stránce velmi pomalu načítalo, proto došlo k umístění každé mapy na stránku novou. Toto rozhodnutí se nakonec hodilo i pro správné zaznamenávání času stráveného u každé otázky.

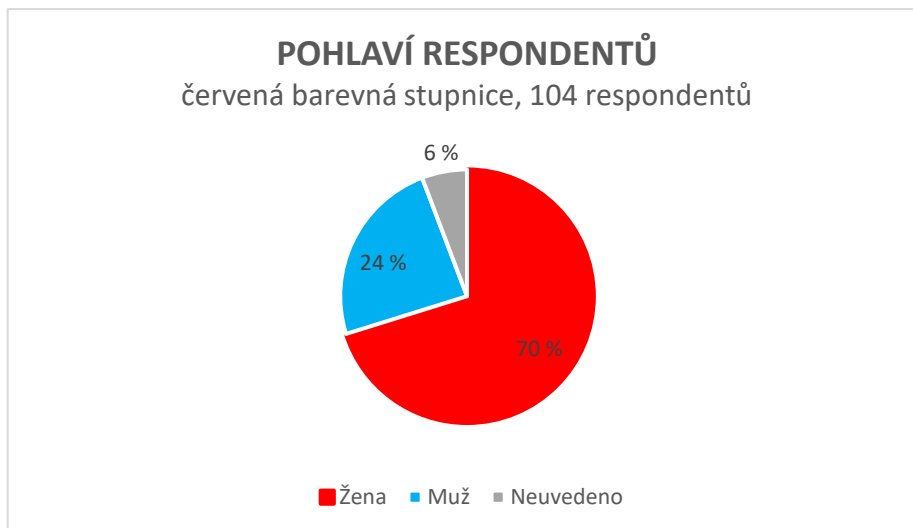
Dotazník byl v největší míře šířen v různých skupinách na sociální síti Facebook. Jednalo se hlavně o soukromé skupiny různých univerzitních a středoškolských pracovišť a skupiny přímo na šíření a výměnu dotazníků vytvořenou. Mimo to také ve skupinách zaměřené na tematiku map a testování barvosleposti. Šlo nejen o skupiny v českém jazyce, ale i zahraniční, v těchto skupinách byla sdílena anglická verze dotazníku.

Není jednoduché rozeznat, jaká ze skupin byla pro šíření dotazníku nejefektivnější, ale nejvíce se osvědčilo neustále ve skupinách příspěvek s odkazem na dotazník komentovat a tím jej dostávat v algoritmu více „nahoru“. Tímto způsobem se dostal dotazník na explore page většímu množství uživatelů dané sociální sítě. S přehledem dotazník více zaujal respondenty z Česka, v anglickém jazyce byl dotazník vyplněn pouze sedmkrát.

Mimo sociální síť Facebook byl dotazník šířen i pomocí fyzickou formou propagačních letáků rozmístěných na budově Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci během konference Kartografický den Olomouc, která se konala 23. února 2024. Tato cesta šíření se vůbec neosvědčila a z celé akce byly nakonec obdrženy pouze dvě kompletní odpovědi dotazníku. V závěru bylo nasbíráno 104 odpovědí pro červenou a 79 odpovědí pro zelenou stupnici.

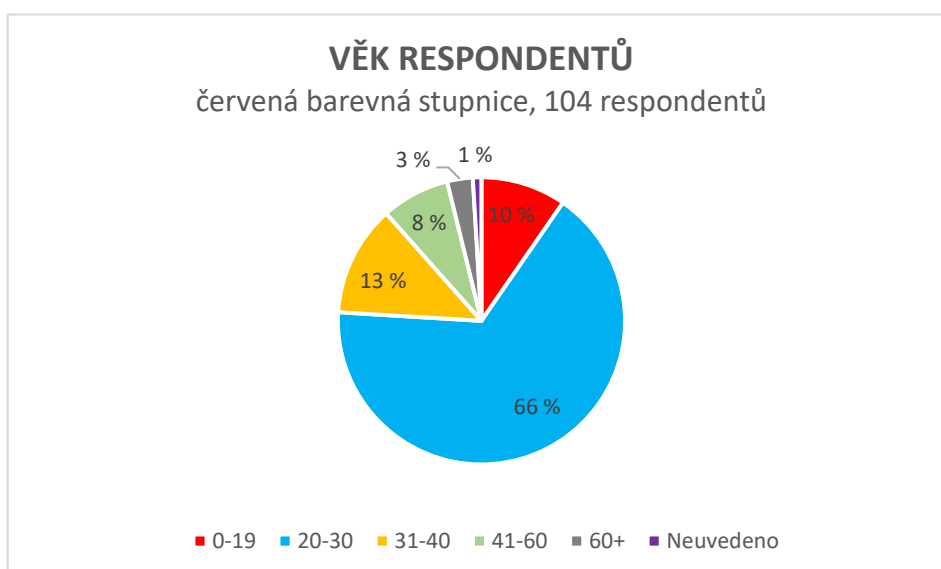
5.3 Vyhodnocení dotazníku – červená barevná stupnice

První část dotazníku obsahovala otázky na identifikaci odstínů v červené stupnici. Celkem se během období, kdy byl dotazník dostupný a pravidelně šířen nejen na sociálních sítích, podařilo nasbírat 104 odpovědí. V rámci celého testování byla snaha zajistit nepřekrývání skupin osob figurující jako respondenti v dotazníku a respondentů na eye-tracking část testování.



Obr. 11 Graf rozložení respondentů podle pohlaví

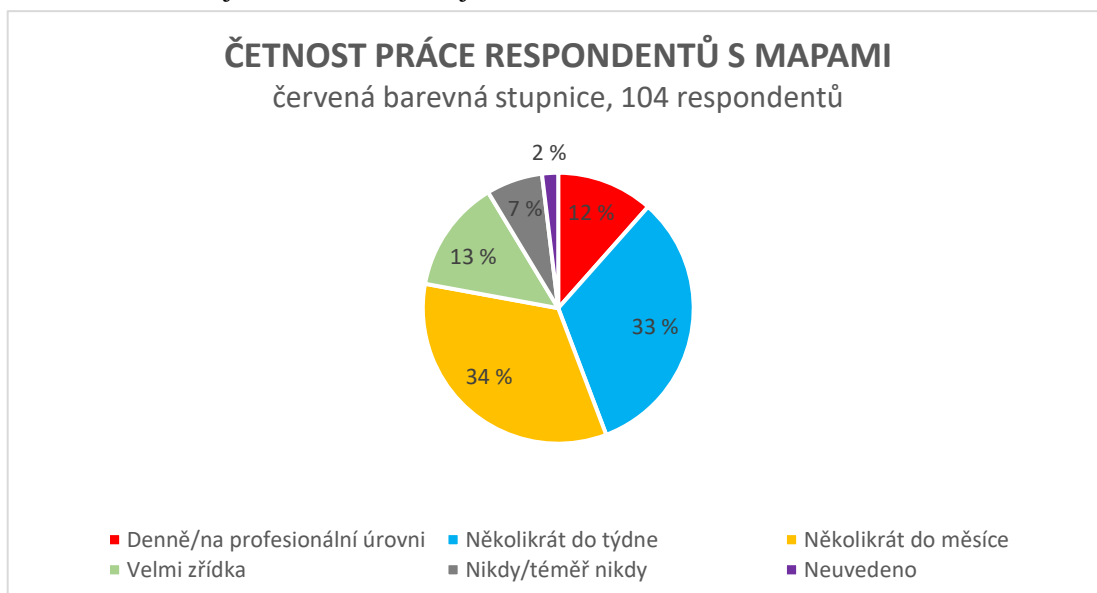
Z celkového počtu 104 respondentů bylo 73 žen, 25 mužů a zbylých 6 osob se rozhodlo své pohlaví neuvádět. Mezi nedokončenými dotazníky také převažovaly ženy s počtem 40 u mužů bylo nedokončených dotazníků 15. Další otázka se týkala věku respondentů, kde měli dotazované osoby odpovídat výběrem jedné z možností. Pro potřeby dotazníku bylo vytvořeno pět věkových skupin (0–19, 20–30, 31–40, 41–60, 61+). Nejčastěji byly odpovědi od osob ve věku mezi 20 až 30 lety, což bylo pravděpodobně zapříčiněno způsobem šíření dotazníku a cílovou skupinou těchto kanálů.



Obr. 12 Graf věku respondentů

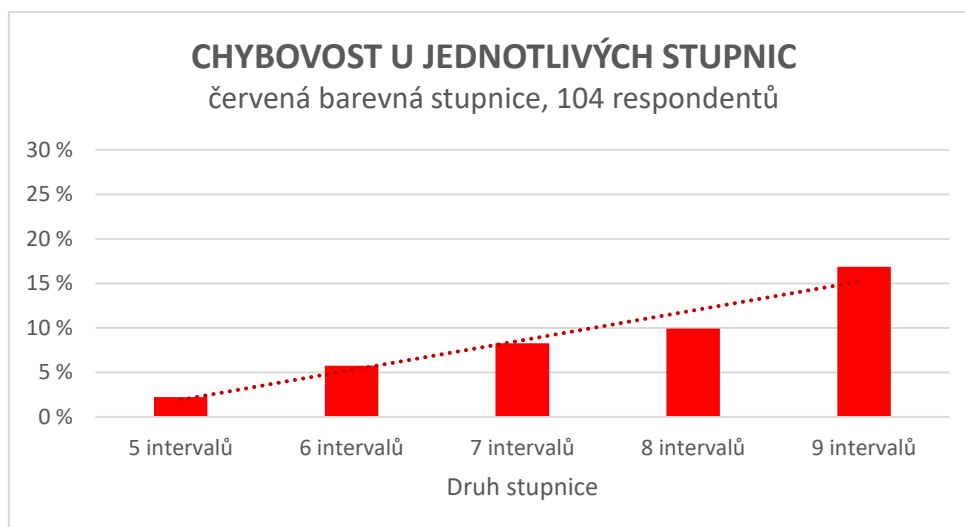
Nejzastoupenější skupina osob obsahovala 69 osob. Osob pod 19 let bylo v šetření 10, osob mezi lety 31 a 40 bylo 13 a osob mezi lety 41 až 60 osm. Nejméně osob, konkrétně tři bylo ve skupině osob nad 60 let. Jeden respondent se rozhodl svůj věk neuvést. Poslední otázka mimo testování barvocitu a samotné barevné stupnice se respondentů ptala na to, jak často přichází do styku s mapovými produkty.

Dvě třetiny dotazovaných osob popsaly četnost své práce s mapovými produkty jako „několikrát do týdne“ nebo „několikrát do měsíce“. Dvanáct osob se mapovým produktům věnuje denně nebo na profesionální úrovni. Naopak 14 lidí se s mapami dostává do styku velmi zřídka a nikdy nebo téměř nikdy osob sedm.



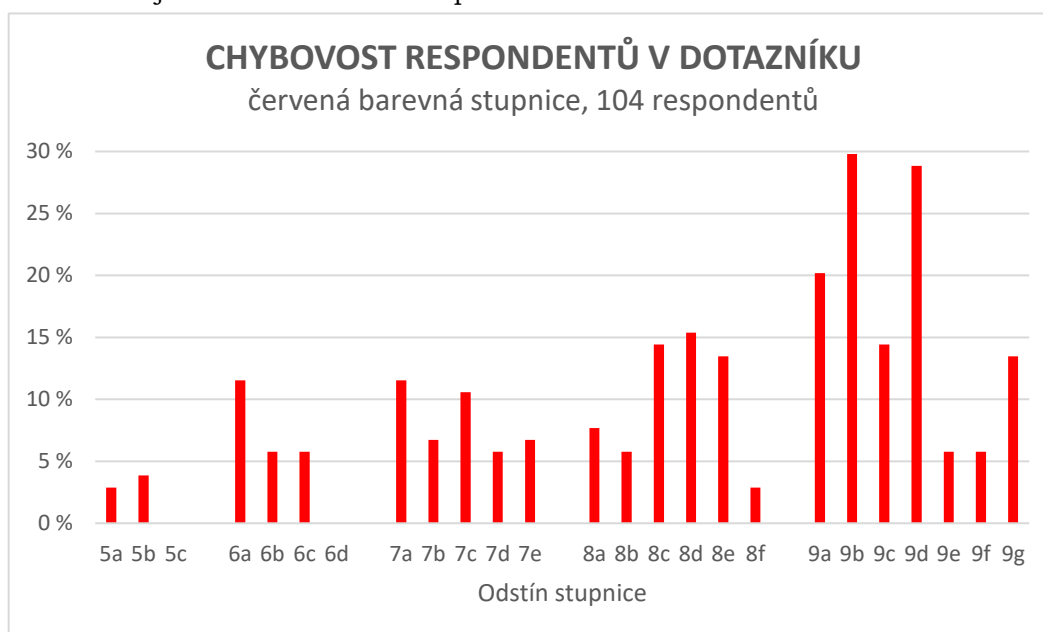
Obr. 13 Graf četnosti práce s mapami u respondentů v dotazníkovém šetření

Průměrná chybovost byla celkem u testované červené stupnice desetiprocentní. Z celkem zodpovězených 2 600 otázek (každá ze 104 osob odpověděla na 25 otázek) bylo chybných 259. Jak se předpokládalo, tak s přibývajícím počtem intervalů ve stupnici chybovost postupně rostla. U stupnice s pěti intervaly byla zaznamenána chybovost 2%, u šesti intervalů 6%, u sedmiintervalové 8%, u stupnice s osmi intervaly chybovost dosáhla 10 % a u nejtěžší devítiintervalové až 17 % (Obr. 14).



Obr. 14 Graf chybovosti u červené stupnice; rozděleno podle intervalů

Při podrobnějším prozkoumání chybovosti na jednotlivých odstínech bylo zjištěno, že velmi často největší chybovost vytvářely odstíny v přibližném středu stupnice (Obr. 15). Pokud porovnáme pouze prostřední intervaly každé ze stupnic, popřípadě prostřední dva intervaly (u šesti a osmiintervalové stupnice) dostaneme u pětistupňové stupnice chybovost téměř 4 %, u šestiintervalové je to téměř 6 %, u sedmiintervalové stupnice dosahuje prostřední interval chybovosti 10,5 %, osmiintervalová při zprůměrování dvou zhruba 15 % a nejtěžší devítistupňová až téměř 29 %. Téměř každý třetí dotázaný špatně odpověděl na prostřední interval této stupnice. Velmi zajímavě také z grafu vystupuje zvýšená chybovost u druhých intervalů (a odstínů) v každé ze stupnic, toto je z největší pravděpodobnosti způsobeno použitím bílých linií pro vyznačení hranice USA a jednotlivých států. Existence této bílé barvy se při její blízkosti, co se barevné vzdálenosti týče, mohla některým respondentům jevit jako další odstín v dotazované barevné stupnici. Zajímavé by jistě bylo zjistit, jak by testování ovlivnilo použití černé barvy pro tyto administrativní hranice. Zde by však pravděpodobně nastal problém s její přílišnou podobností s nejtmaším odstínem stupnice.



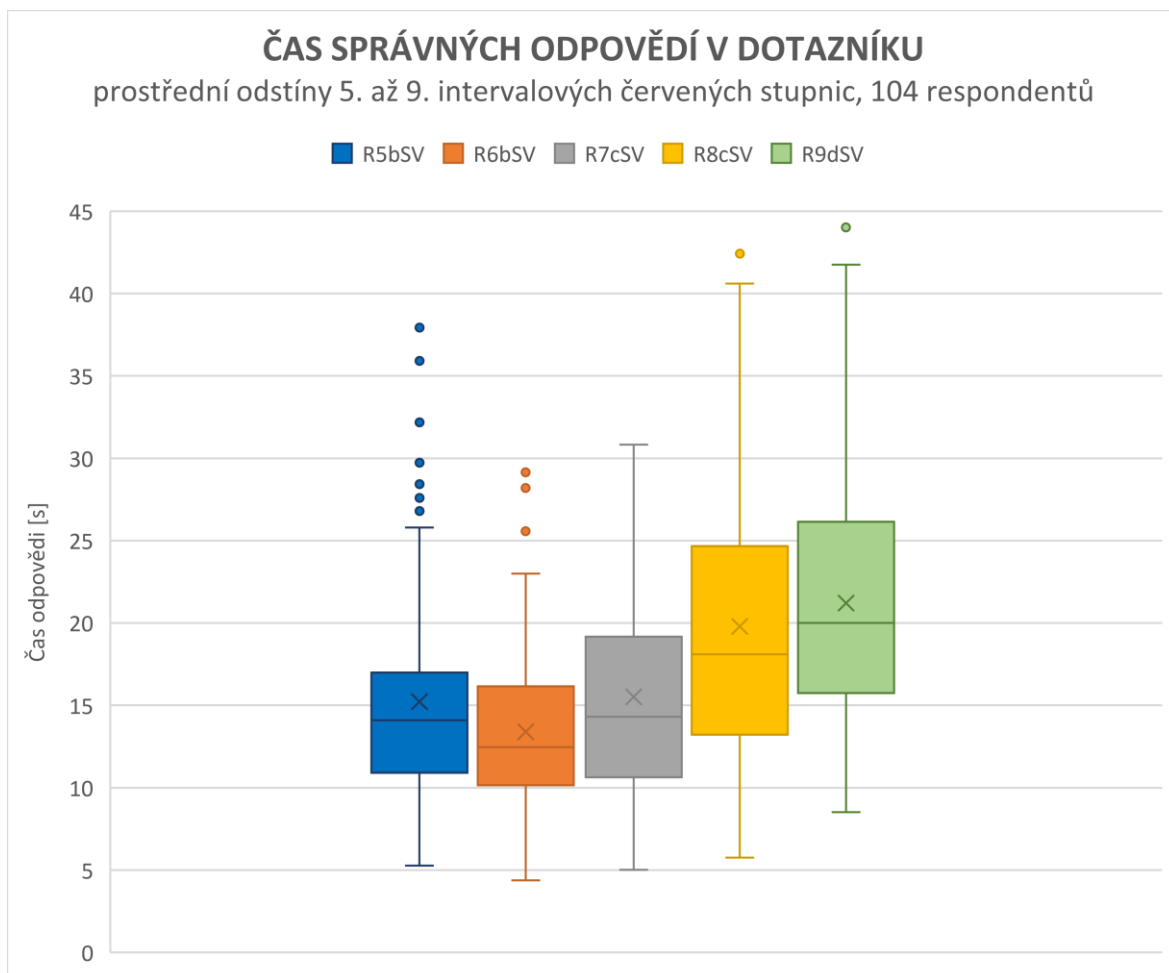
Obr. 15 Graf chybovosti u jednotlivých odstínech

Pokud bychom měli porovnávat chybovost ve stupnici mezi prvními odstíny a posledními odstíny stupnice, z pravidla větší chybovost se vyskytovala v odstínech před prostředním intervalem stupnice než v odstínech následujících po onom prostředním odstínu. Toto mohlo být způsobeno více důvody, jedním, z již zmíněných, je použití bílé linie pro administrativní členění USA nebo také tím, že tmavší odstíny ve stupnici mohly být zkrátka jednodušeji identifikovatelné. Tato situace je velmi dobře viditelná u devítiintervalové stupnice, kde první tři dotazované odstíny měly chybovost 20, téměř 30 a 14 %. Poslední tři naopak velmi málo a to 6, také 6 a 13,5 %.

5.3.1 Čas správných odpovědí pro červenou stupnici

Hlavní výhodou zvolené dotazníkové platformy je zaznamenávání času u jednotlivých odpovědích respondentů. Ve výzkumu bylo sledováno kolik času potřebovali respondenti na správné zodpovězení jednotlivých otázek.

Při prvotním zkoumání zaznamenaných dat bylo objeveno, že jednotlivé časy jsou velmi individuální a není v nich patrný žádný trend spojující náročnost otázky s narůstajícím potřebným časem. Toto zjištění bylo nejpravděpodobněji způsobeno nelaboratorní podstatou šetření. Respondenti v průměru nad dotazníkem strávili téměř 25 minut (údaj pro splnění dotazníku za obě barevné stupnice, včetně osm testů barvocitu), pro srovnání laboratorní testování technologií eye-trackingu, který mělo porovnatelný rozsah trval na jednoho respondenta v průměru devět minut.



Obr. 16 Graf času pro správné zodpovězení prostředních intervalů červené stupnice

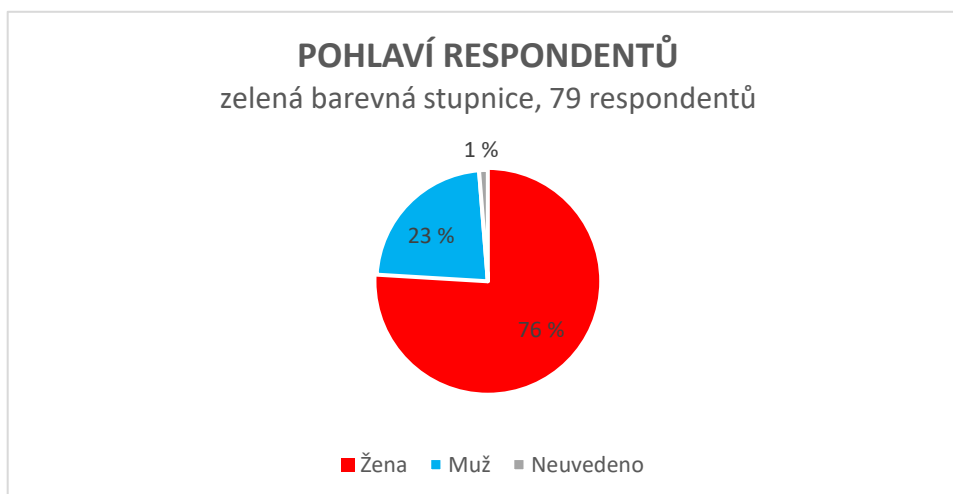
Díky těmto informacím je možné se domnívat, že respondenti v dotazníku nevěnovali otázkám svou veškerou pozornost a vyplňování prokládali i jinými aktivitami, které měly za důsledek navýšení celkového času. U některého z respondentů se naopak mohlo stát, že v nějakém bodě výzkumu ztratil trpělivost a místo toho, aby zanechal dotazník nedovyplněný, výběr zbytku otázek zvolil čistě náhodný. Z důvodu těchto předpokladů bylo pro následující analýzu nutno odstranit outliery v hodnotách s časy pomocí některé z vyhovujících metod a také pracovat pouze s časy, kde bylo na otázku odpovězeno správně. Jako nejlepší se pro odstranění outlierů osvědčila metoda Covariance Estimator. Odstranění outlierů proběhlo pomocí softwaru Orange, který nabízí jednoduché prostředí a rychlý výsledek při malé vynaložené námaze. Software Orange nabízí celkem čtyři metody na detekci odlehlých hodnot, One Class SVM (Support Vector Machine), Covariance Estimator, Local Outlier Factor a Isolation Forest. Vybraná metoda Covariance Estimator se hodí pro data s gausovským rozdělením (Dobešová 2022). Ze všech dostupných metod se po odzkoušení osvědčila nejvíce právě zmíněná metoda Covariance

Estimator. Z důvodu neúplné pozornosti respondentů na vyplňování dotazníku byla snaha o odhalení vysokých hodnot, všechny zdánlivě nízké hodnoty jsou správné a musely v souboru dat zůstat. Samotná metoda jako outliery odhalila pouze ony vysoké metody, takže pro potřeby autorčiny práce fungovala skvěle (Obr. 16).

Nejkratší čas odpovědi se vyskytoval u šestiintervalové stupnice s průměrným časem 14 sekund. Pouze o sekundu déle respondenti v průměru strávili u pětiintervalové stupnice. Stupnice se sedmi, osmi a devíti intervaly se v průměrných hodnotách času zvyšovaly. Správně odpovědět na prostřední interval sedmiintervalové stupnice trvalo respondentům v průměru 15,5 sekundy, u osmi intervalů se čas zvedl až na 20 sekund a nejtěžší odstín devítiintervalové stupnice zabral respondentům v průměru 21 sekund.

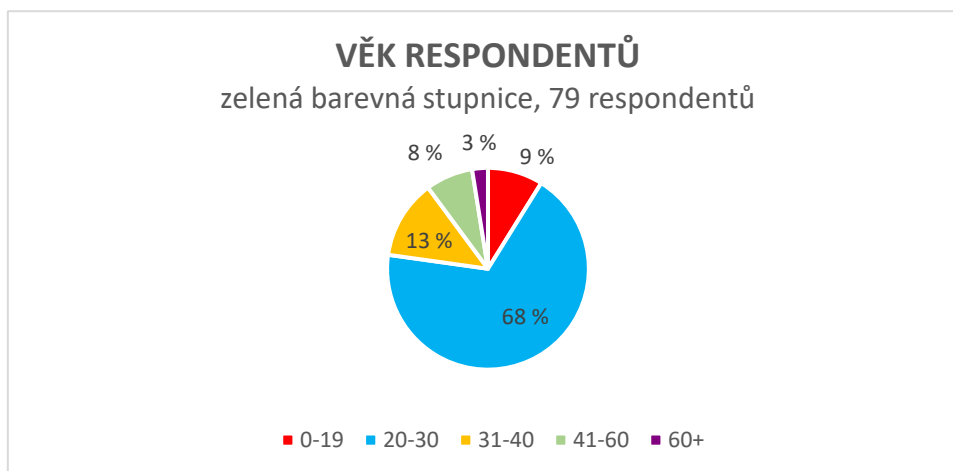
5.4 Vyhodnocení dotazníku – zelená barevná stupnice

Otázky na zelenou stupnici byly zařazeny za část dotazníku věnující se červené stupnici. Spousta respondentů, celkem 25, přestala dotazník po červené stupnici vyplňovat. Došlo tedy k poklesu celkového počtu respondentů na zelené stupnici na 79.



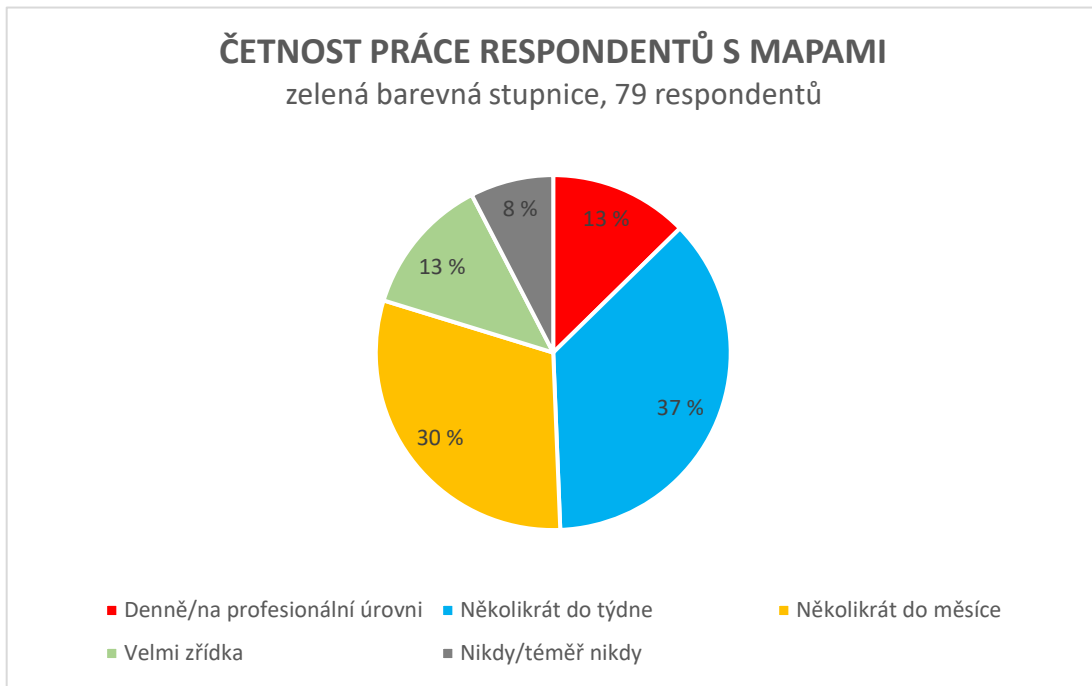
Obr. 17 Graf pohlaví respondentů pro zelenou stupnici

Opět byly dvě třetiny respondentů ženy, zbylých 18 osob mužů a jeden člověk své pohlaví nespécifikoval. Co se věku respondentů týče opět byla převaha osob ve věku mezi 20 a 30 lety. Deset osob bylo věku od 31 do 40 let. Ještě méně početná byla skupina osob do 19 let se sedmi zástupci. Ve věku mezi 31 a 40 lety bylo respondentů šest a nad 61 let pouze dva.



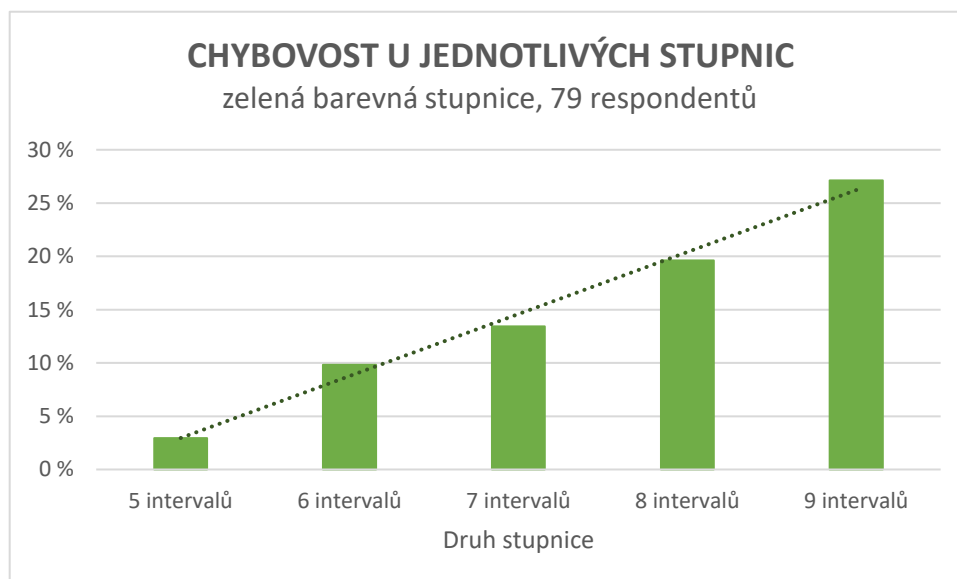
Obr. 18 Graf věku respondentů dotazníku pro zelenou stupnici

Co se četnosti práce s mapami u respondentů týče, nejčastější odpovědi na tuto otázku byla fráze „několikrát do týdne“ a „několikrát do měsíce“. Celkem tyto odpovědi pokryly 67 % celku, 53 respondentů. Denně se mapám ve svém životě věnuje 10 osob, stejný počet osob popsal svou četnost styku s mapovými produkty frází „velmi zřídka“. Nikdy nebo téměř nikdy s mapami pracuje zbylých osm procent respondentů.



Obr. 19 Graf četnosti práce s mapami u respondentů pro zelenou stupnici

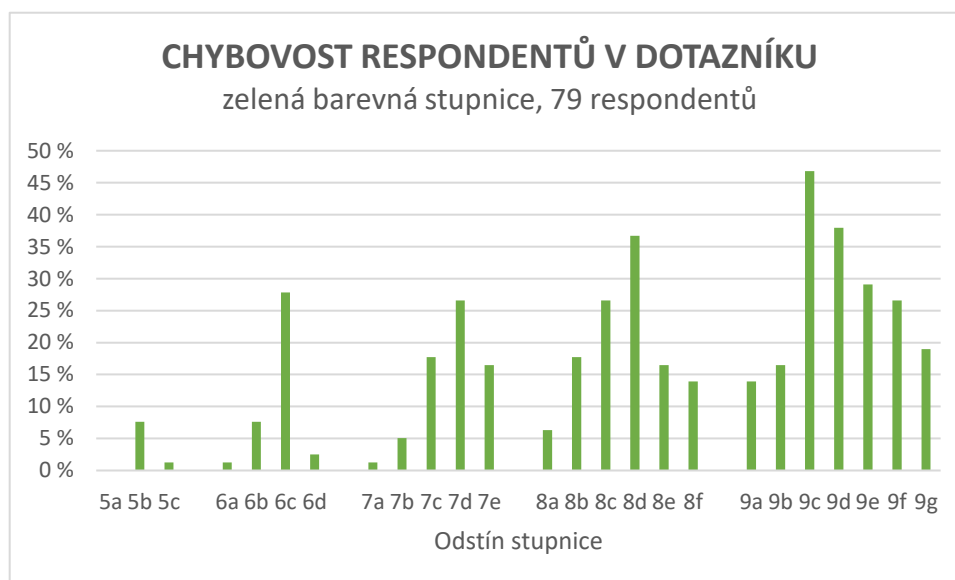
V celkovém měřítku chybovost dosahovala u zelené vyšších hodnot než u stupnice červené. Celkem dosáhla u všech otázek hodnotu 16 %, kdy ze všech 1975 zodpovězených otázek z nich bylo 319 špatně. Zelená pětiintervalová stupnice vyšla v chybovosti o jedno procento hůře než červená pětiintervalová stupnice (Obr. 20). Stupnice s vyšším počtem intervalů dosahovaly v chybovosti někdy oproti stupnici červené až dvojnásobných hodnot.



Obr. 20 Graf chybovosti zelené stupnice, rozděleno podle počtu intervalů

Šestiintervalová stupnice dosáhla mezi svými čtyřmi dotazovanými odstíny chybovost 10 %. U sedmiintervalové stupnice to byla chybovost 13 %, u osmiintervalové stupnice byla každá pátá odpověď špatná. Nejtěžší devítiintervalová stupnice dosáhla chybovosti hodnoty 27 %.

U zelené stupnice ještě více než u červené vyniká trend v největší chybovosti prostředních z odstínů stupnice. V každé ze zelených stupnic vždy vyniká jeden odstín, který je nejproblematičtější a hodnoty chybovosti od něj z každé strany klesají (Obr. 21). V případě pětiintervalové stupnice prostřední interval dosáhl chybovosti téměř osmi procent. Prostřední interval šestiintervalové stupnice (6c) vyskočil v chybovosti až na hodnotu 28 %, čímž předčil chybovost jakéhokoli odstínu v sedmiintervalové stupnici, tam se hodnota chybovosti u odstínu 7d vyšplhala na 26,5 %. Osmiintervalová stupnice má ve svém středu chybovost na hodnotě 36,7 %. Nejtěžší devítiintervalová stupnice je svým téměř prostředním intervalem 9c na hodnotě chybovosti téměř 47 %, je tedy možno zjednodušeně tvrdit, že každá druhá odpověď respondentů byla na tento odstín chybná.



Obr. 21 Graf chybovosti jednotlivých odstínů zelené stupnice

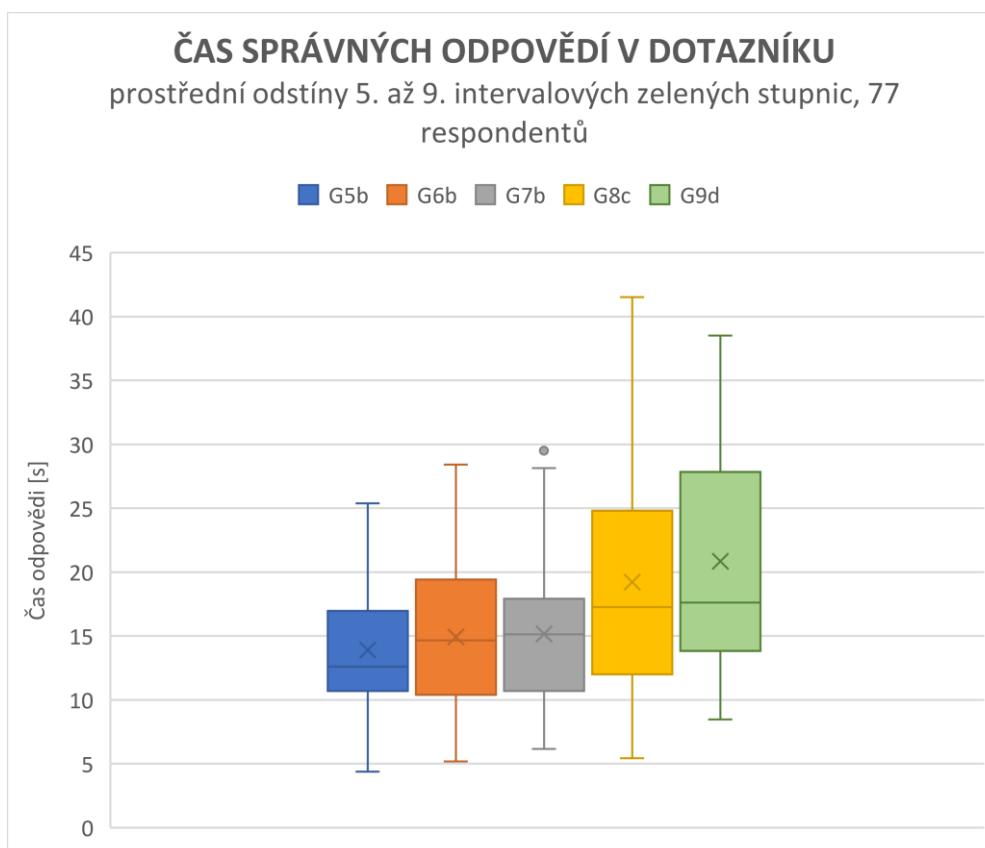
U zelené stupnice nevystupuje jako u stupnice červené trend větší chybovosti u prvních odstínů dané stupnice. Hodnoty chybovosti při porovnání odstínů před a po prostředním odstínu vychází spíše hůře v hodnotách tmavších odstínů. Velmi viditelně tento trend vychází u sedmi- a devítiintervalové stupnice. Sedmiintervalová stupnice má ve svém druhém a třetím intervalu chybovost jedno a pět procent. Odstíny na konci stupnice naopak dosahují velmi vysokých hodnot a to 26,5 a 16,5 %. U devíti intervalů v zelené stupnici můžeme mezi prvními a posledními odstíny pozorovat skok v chybovosti až dvojnásobný. Druhý a třetí interval stupnice mají chybovost necelých 14 a 16,5 %, přičemž odstíny tmavší až 30; 26,5 a 19 %.

Nejde jednoduše odhalit příčinu těchto závěrů, ale možno výsledky připsat těžšímu průběhu povrchu ve vizualizované oblasti. Jak již bylo zmíněno, západní pobřeží USA, na kterém byla zelená stupnice vizualizována, se necharakterizuje strmým stoupáním, oproti pobřeží východnímu se proto jednotlivé barevné plochy mohly hůře identifikovat. Co se větší chybovosti v tmavších odstínech stupnice týče, je zde možno tvrdit, že v tomto případě bíle zvolené administrativní členění problémy pro respondenty nevytvářelo. Horší

chybovost v koncových intervalech stupnic mohly být způsobeny již zmíněnou členitostí terénu a menší odlišitelností tmavších odstínů v použité zelené barvě.

5.4.1 Čas správných odpovědí pro zelenou stupnici

Pro potřeby porovnávání časové náročnosti mezi jednotlivými stupnicemi zelené barvy byly opět odstraněny outliery v datech metodou Covariance Estimator v softwaru Orange.

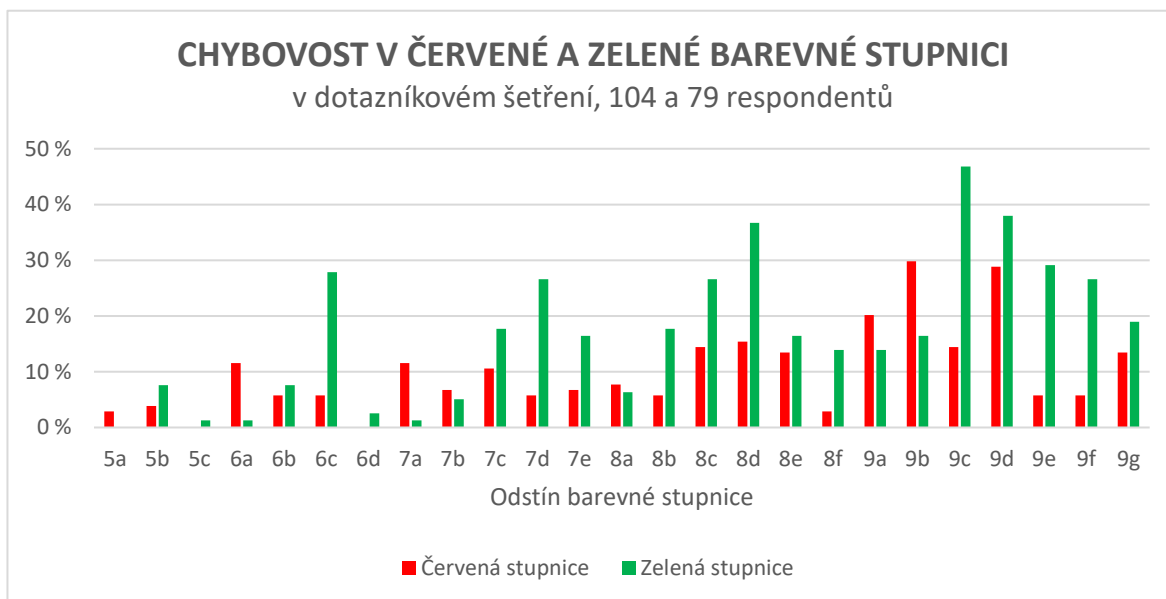


Obr. 22 Graf času pro zodpovězení správných odpovědí, zelená stupnice

Průměrné hodnoty časů správných odpovědí se u stupnic s pěti, šesti a sedmi intervaly pohybovaly u 15 sekund. Dvě nejtěžší stupnice, stupnice s osmi a devíti barevnými intervaly dosahovaly hodnot okolo 20 sekund. Pokud se podíváme na srovnání se zelenou barevnou stupnicí, vychází průměrné hodnoty téměř identicky. Jediný rozdíl je, že u červené stupnice, konkrétně její šestiintervalové varianty, se objevil pokles v průměrném času oproti pěti- a sedmiintervalových variant, nic takového se v případě zelené stupnice v datech neobjevilo. Jakékoli rozdíly v datech by mohly být způsobené menším počtem respondentů, a ještě menším počtem časů do porovnávání vstupujících (z důvodu velké chybovosti). Nic takového se ale v datech neprojevilo, také se zdá jako nepodstatný fakt, že zelená stupnice se v dotazníku nacházela až v druhé, závěrečné části. Kvůli velké podobnosti naměřených dat času pro správné odpovědi pro každou ze stupnic je možno konstatovat, že se nějak zvláště pořadí testování a případná únava respondentů neprojevila. To samé se ale nedá říct o zvýšené chybovosti v závěrečné zelené stupnici.

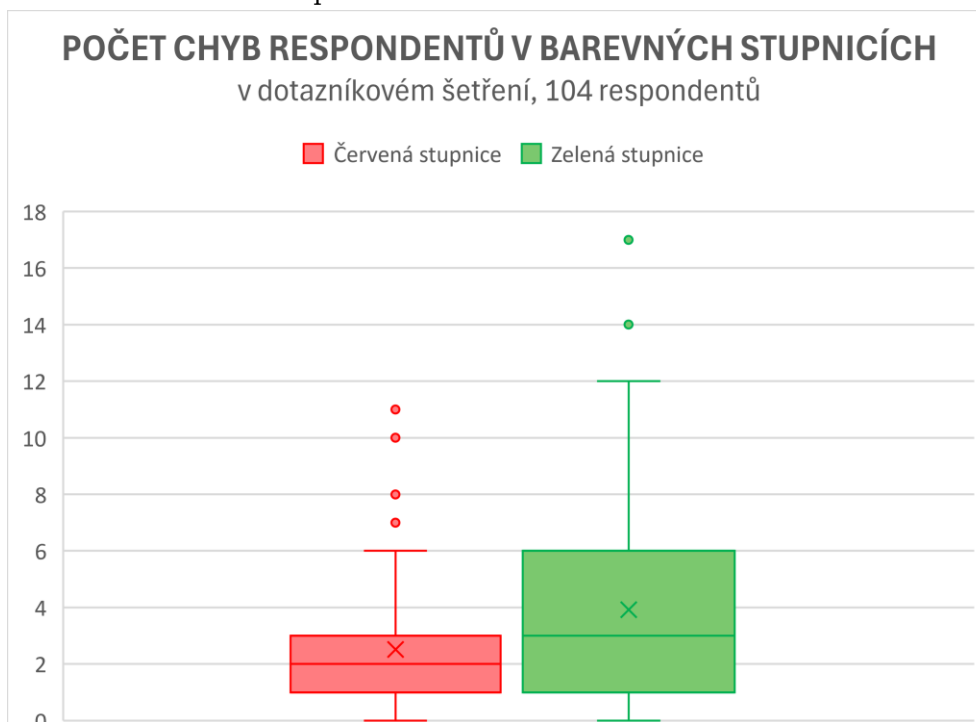
5.5 Srovnání červené a zelené stupnice

Ačkoli se jednotlivé části dotazníku rozcházejí v počtu respondentů a bezpochyby i jejich skladbě, jde vcelku snadno provést srovnání výsledků úspěšnosti respondentů při testování obou barevných stupnic.



Obr. 23 Graf porovnávající chybovost v červené a zelené stupnici

Celková chybovost na stupnici byla vyšší u stupnice zelené a to 16 %, stupnice červená měla chybovost 10 %. Nejde ale jednoznačně tvrdit, že v každém druhu a odstínu stupnice chybovost dosahovala vyšší stupnice zelená. Zejména v prvních odstínech každé ze stupnic chybovosti přesahovala červená stupnice zelenou. V tmavších odstínech s přehledem hůře obstála stupnice zelená.



Obr. 24 Graf počtu chyb respondentů v obou stupnicích v dotazníkovém šetření

Pokud bychom porovnávali počty chyb respondentů u červené a zelené stupnice, tak z hlediska hodnot průměru a mediánu počtů chyb bychom dostali velmi podobné hodnoty. Konkrétně se u červené stupnice respondenti v průměru dopouštěli 2,5 chyb, u zelené to bylo chyb 3,9. Co se hodnot mediánu týče, tak červená stupnice má medián 2, zelená 3. Co je však v tomto směru o poznání zajímavější, je rozpětí hodnot počtů chyb respondentů. Respondenti u červené stupnice chybovali všichni ve velmi podobné míře. Hodnoty počtů chyb u stupnice zelené byli daleko více rozmanité. Konkrétní rozpětí hodnot lze sledovat na boxplotu (Obr. 24). Ve dvou případech se dokonce chybovost dostala u respondentů u zelené stupnice přes 50 %. Rozdílnost hodnot chyb dokazuje i p-hodnota, která mezi daty vyšla 0,007, čímž je dokázána statistická významnost mezi chybovostmi.

V konečném důsledku je těžké porovnávat jednotlivý počet chyb u obou stupnic, jelikož na větší chybovost zelené stupnice má bezpochyby i velký vliv její zařazení na konec dotazníkového testování, kde se již mohla vyskytovat menší nebo větší únava respondentů. Nelze ale tvrdit, že by některý z respondentů klikal na odpovědi bez rozmyslu, jelikož i všechny špatné odpovědi, byly vždycky buď o jedno menší nebo větší, než jaká byla odpověď správná.

6 EYE-TRACKING TESTOVÁNÍ

Druhá část uživatelského testování se věnuje eye-tracking experimentu. Díky této technologii bude schopno identifikovat správnost, ale i způsob odpovědi respondentů na jednotlivé otázky týkající se barevných odstínů kvantitativních stupnic obsažených v prezentovaných mapových stimulech. Na vzorku 52 osob, kde 26 z nich mělo třeba i jen základní úroveň kartografického vzdělání (alespoň jeden ročník na katedře geoinformatiky UPOL) a zbylých 26 nikoli, byla otestována schopnost rozeznávat různé barevné odstíny v mapách a přiřazovat je k odpovídajícím odstínům v legendě. Testování všech osob zabralo jeden měsíc.

Kartograficky vzdělaní respondenti byli všichni současní nebo studenti katedry geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci, popřípadě její vyučující. Respondenti bez kartografického vzdělání byli s jednou výjimkou všichni studenti z Univerzity Palackého.

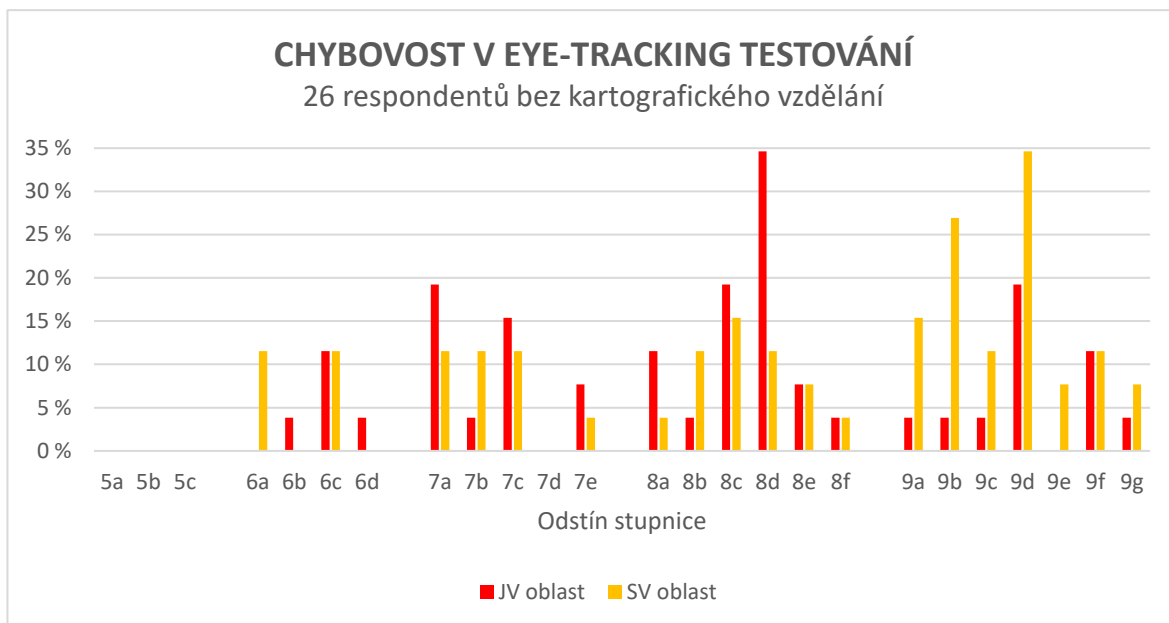
6.1 Testování osob bez kartografického vzdělání

Testované osoby bez kartografického vzdělání byli do jisté míry rovnoměrně zastoupeny studenty z přírodovědecké, právnické, lékařské a pedagogické fakulty UPOL. Celkem 23 z nich bylo žen, zbylí tři muži. Všichni byli ve věku mezi 20 a 26 lety. Nejčastěji popisovaná četnost jejich práce s mapami bylo „několikrát do měsíce“ nebo „několikrát do týdne“. Šest osob uvedlo, že s mapami přichází do styku pouze velmi zřídka.



Obr. 25 Graf chybovosti osob bez kartografického vzdělání v eye-tracking testování

Celková chybovost dosáhla u této skupiny respondentů v celém testování 8,5 % což je méně než v jakékoli části dotazníkového šetření. Opět lze tvrdit, že to může být způsobeno lepšími podmínkami při testování a plnou pozorností respondentů na test. Velmi výrazně z grafu chybovostí (Obr. 25) opět vystupují prostřední intervaly stupnic, zejména pak osmi- a devítiintervalové. Mimo tyto prostřední intervaly lze pozorovat velkou chybovost v prvním dotazovaném odstínu sedmiintervalové stupnice. Při větší pozornosti na to, zda na chybovost v daném odstínu stupnice má vliv konkrétní mapa, vyšlo jasné ano (Obr. 26).

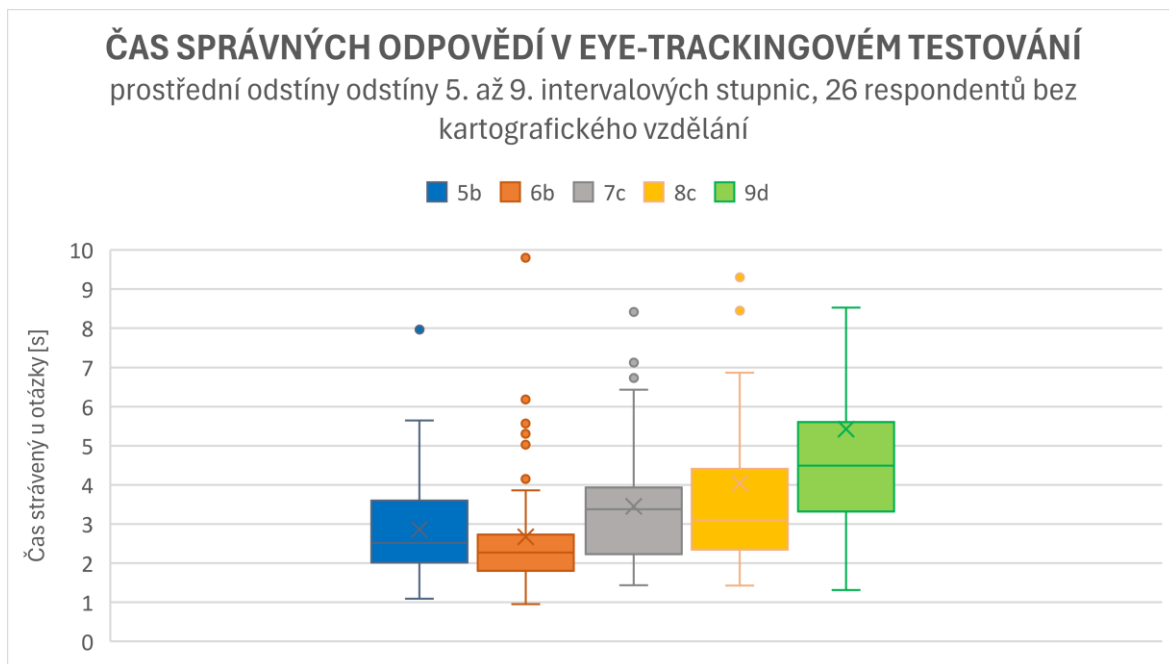


Obr. 26 Graf chybovosti nekartografů v eye-trackingové testování; dva druhy map

Při porovnávání, zda se větší chybovost u nekartografů objevovala u map JV nebo SV oblasti, o něco hůře vychází mapy SV oblasti USA. Při podrobnější pohledu do dat (Obr. 26) můžeme pozorovat, že respondenti více chybovali ve verzi map JV oblasti, co se sedmi- a osmiintervalové stupnice týče. Ovšem v devítiintervalové stupnici s velkým rozdílem v chybovosti převažují mapy SV oblasti. Pro tento poznatek se v rámci výzkumu nepodařilo najít žádné objasnění.

Průměrný čas pro správné zodpovězení otázek byl u nekartograficky vzdělaných respondentů 3,4 s. Pro porovnání průměrný čas u správně zodpovězených otázek v dotazníkové části červené stupnice byl po odstranění outlierů necelých 17 s. Tento velký časový rozdíl je bezpochyby ovlivněn způsobem odpovídání na otázky. V dotazníku se za zaznamenaný čas považovalo zodpovězení na otázku a přesunutí na otázku další. Pro výběr odpovědi museli respondenti skrolovat dolů na stránce a až poté vybrat odpověď a poté ještě kliknout na potvrdit, což ukončilo časomíru. Nehledě na to, že někteří mohli svou odpověď měnit a k mapě se takto několikrát vracet. V eye-trackingovém testování byl způsob zaznamenávání odpovědi mnohem jednodušší. Na obrazovce viděli celé mapové pole a pouze klikli do legendy na jimi vybraný odstín a mezerníkem se posunuli, přičemž jako čas odpovědi se zaznamenal již první kliknutí do legendy.

Při rozdělení správně zodpovězených otázek podle dvou mapových provedeníh stejné stupnice se průměrný čas vůbec neliší. Jednotlivé hodnoty pro různopočtové intervalové stupnice byly nejnižší u šestiintervalové stupnice. Hodnoty pětiintervalové byly měly větší průměrné hodnoty i rozpětí než u šestiintervalové. Výsledky ze sedmi-, osmi- a devítiintervalové se s přibývajícimi intervaly zvyšovaly. Pro účely vizualizace byla y osa v grafu (Obr. 27) vizualizována pouze po hodnoty 10 s. Tímto krokem došlo v grafu k nezahrnutí tři hodnot, konkrétně se jedná o hodnotu 24 s u osmiintervalové stupnice a dvou hodnot (27 s, 18 s) u devítiintervalové stupnice. Ačkoli nejsou v prezentovaném grafu (Obr. 27) zobrazeny, do analýzy krabicového grafu vstupovaly.

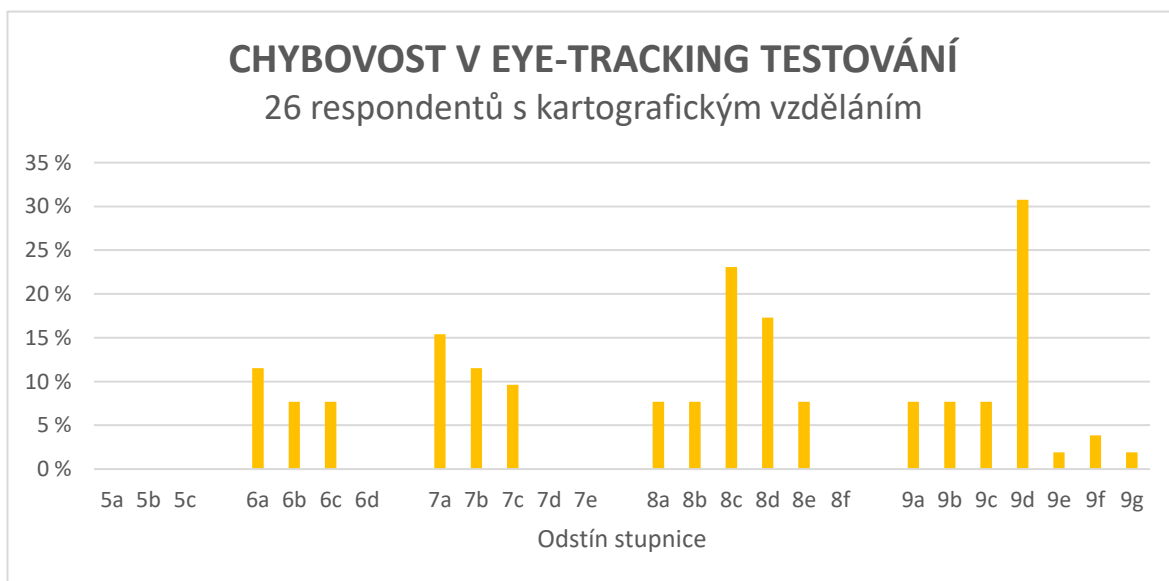


Obr. 27 Graf času správných odpovědí pro červenou stupnici, nekartografové

Logické vysvětlení pro nejnižší hodnoty času u šestiintervalové stupnice se nenabízí. V celém eye-trackingovém testování bylo zahrnuto náhodné řazení otázek, tudíž se vylučuje idea, že respondenti se u otázek k pětiintervalové stupnici teprve s celým testováním seznamovali.

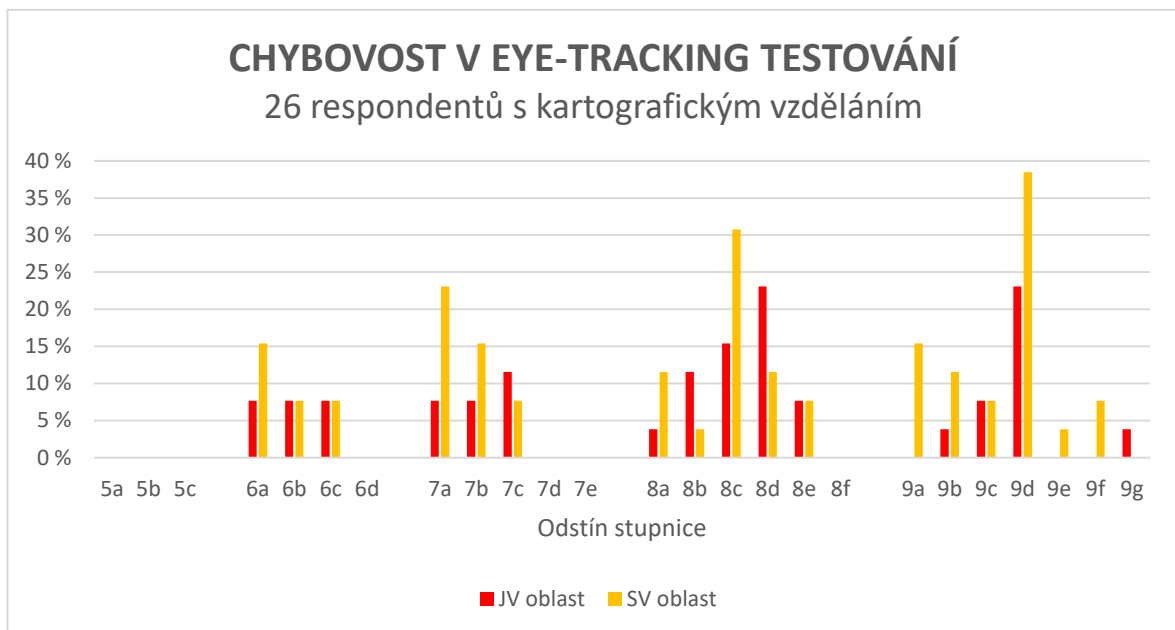
6.2 Testování osob s kartografickým vzděláním

Respondenti s kartografickým vzděláním byli ve všech případech osob s přímou vazbou na katedru geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. Celkem 88 % z nich tvořili současní studenti katedry. Čtyři studenti doktorského studia, čtyři pátáci, tři čtvrtáci a 12 druháků. Zbýlých 12 % tvořili pedagogové a jeden bývalý student. Zároveň ve testovaném vzorku osob převažovali muži, tvořili 85 % testovaných.



Obr. 28 Graf chybovosti osob s kartografickým vzděláním v eye-tracking testování

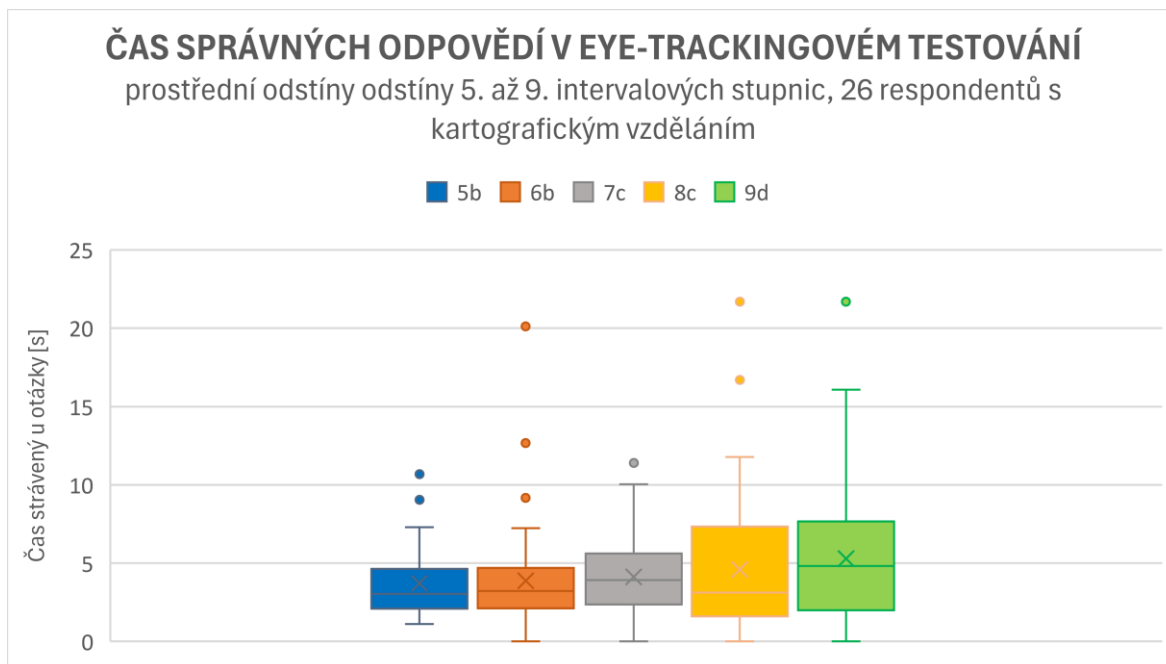
Celkem bylo při eye-tracking testování osob s kartografickým vzděláním špatně zodpovězeno 98 otázek, což činí celkovou chybovost 7,5 %. Chybovost kartografů byla teda o jedno procento nižší než u nekartografů. Pětiintervalová stupnice nedělala respondentům žádné problémy, stejně bezproblémově vyšla i u respondentů bez kartografického vzdělání. U šesti a sedmi intervalů na stupnici můžeme v grafu (Obr. 28) pozorovat zvýšenou chybovost u prvních dotazovaných odstínů stupnice. Odůvodnění může být podobné jako u výsledků dotazníkového šetření, tedy že pro administrativní členění území byly použity bílé linie, což mohlo některé z respondentů zmást. Je ale důležité podotknout, že tento problém se nevyskytuje u stupnic s osmi nebo devíti intervaly, kde by se dle této teorie daly očekávat ještě větší problémy, protože barva bílé linie a prvního barevného odstínu ve stupnici k sobě má v rámci barevné vzdálenosti ještě blíže. Stupnice s osmi a devíti barevnými odstíny opakují v chybovosti již zasetý trend, kdy nejhůře vychází prostřední interval.



Obr. 29 Graf chybovosti kartografů v eye-trackingové testování; dva druhy map

Při porovnání dvou mapových provedení stejné stupnice téměř v každém odstínu z hlediska chybovosti hůře vychází mapy severovýchodní oblasti USA. Není na to jiné odůvodnění, než že zkrátka byla tato verze map pro respondenty z hlediska barevných odstínů lépe čitelná. Jihovýchodní pobřeží a tam, všeobecně známý, nacházející se poloostrov Florida mohl pro dotazované osoby představovat lepší orientaci v prostoru a výškových poměrech. Pokud bychom se obecně zaměřili na trend v rostoucí a klesající chybovosti, tak obě varianty vykazují trend velmi podobný. Prostřední intervaly jsou pokaždé ty nejproblémovější.

Průměrný čas správného zodpovězení otázky u osob s kartografickým vzděláním byl 4,65 s, což je o více než sekundu déle než u nekartografů. Déle kartografům trvaly správné odpovědi u map s vizualizovanou SV oblastí USA (4,85 s) u JV oblasti to bylo o půl sekundy méně. Rozdíly v datech časů jsou mezi kartografy a nekartografy podle p-hodnoty, kromě pětiintervalové stupnice, statisticky významná. U stupnice se šesti intervaly je p-hodnota 0,008, se sedmi 0,047, s osmi 0,001 a devíti 0,005.

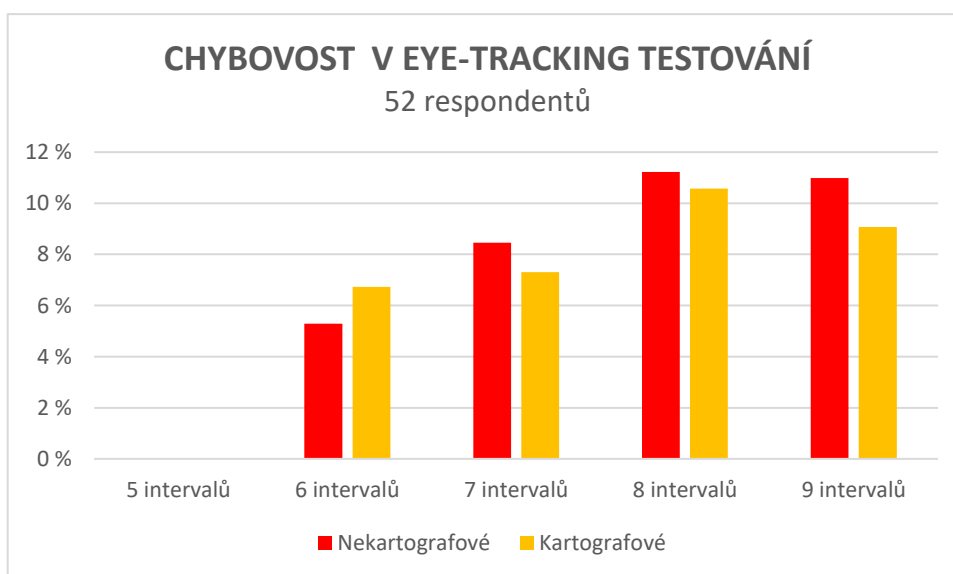


Obr. 30 Graf času správných odpovědí pro červenou stupnici, kartografové

Výraznou změnu v hodnotách času potřebného pro zodpovězení správných odpovědí lze pozorovat až v případě osmi- a devítiintervalové stupnice, a i tehdy se hodnoty liší spíše jen rozpětím hodnot. Průměrná hodnota času pro pětiintervalovou stupnici byla 3,7 s, pro šesti- i sedmiintervalovou okolo 4,5 s. Pro osmiintervalovou se průměrný čas prodloužil o více než jednu sekundu na 5,8 s a u devítiintervalové dosahoval v průměru až 7 s.

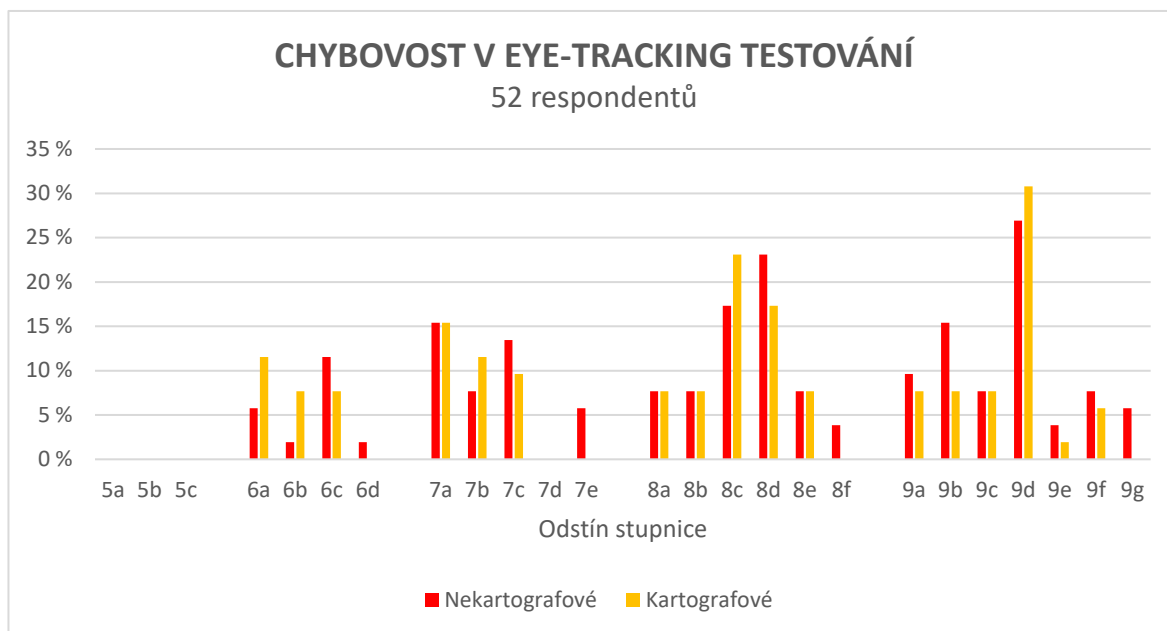
6.3 Srovnání obou skupin respondentů

Na první pohled bylo ve výzkumu patrné, že výsledky obou testovaných skupin (osob s a bez kartografického vzdělání) se co se chybovosti týče mnoho neliší. Celková chybovost byla u nekartografů vyšší jen o jedno procento.



Obr. 31 Graf chybovosti stupnic podle počtu intervalů v eye-tracking testování

Nedominance kartograficky vzdělaných respondentů oproti kartograficky nevzdělaných jedinců je ještě potvrzena v grafu (Obr. 31), kde je patrné že v případě šestiintervalové stupnice odpovídali nekartografové správněji. Je tedy možné tvrdit, že předkládané úkoly se více než znalostí kartografických pravidel týkaly schopnosti respondentů odlišovat od sebe jednotlivé barevné odstíny.

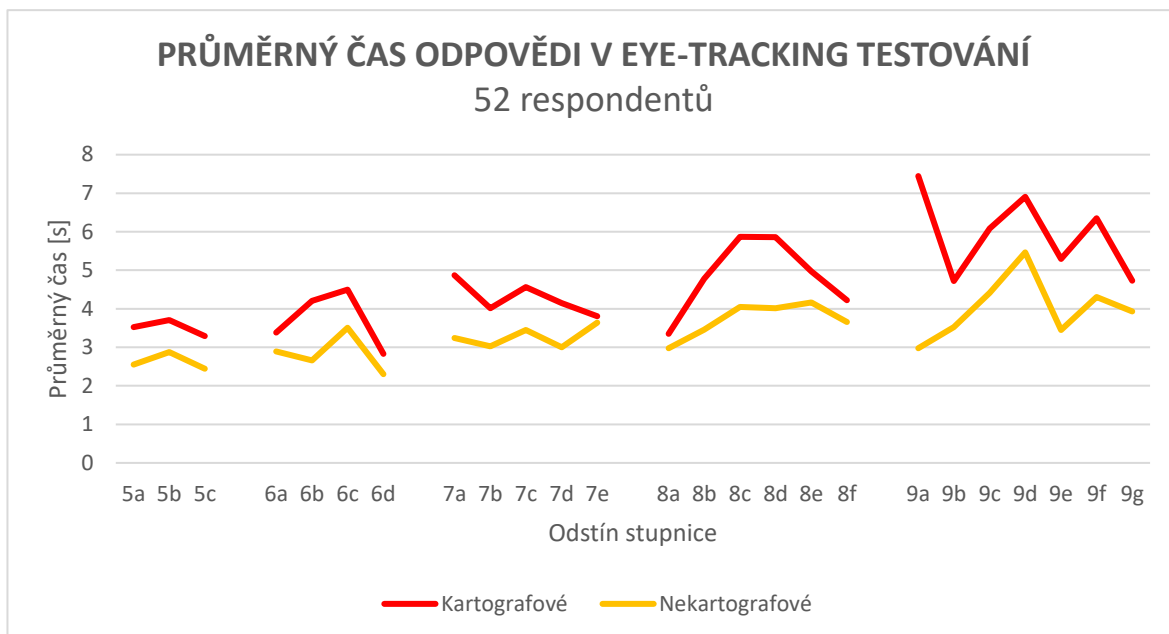


Obr. 32 Graf chybovosti v konkrétních odstínech barevné stupnice

Při bližším zkoumání nalezneme v červené barevné stupnici celkem pět odstínů, na které dokázali nekartografové odpovědět správněji než kartograficky vzdělání respondenti. Kartografické vzdělání tedy nijak nereflektuje schopnost číst barevné odstíny v mapách. Při tvorbě mapových produktů s kvantitativními stupnicí nejde rozhodovat o počtu použitých intervalů stupnice na základě charakteristiky cílových respondentů.

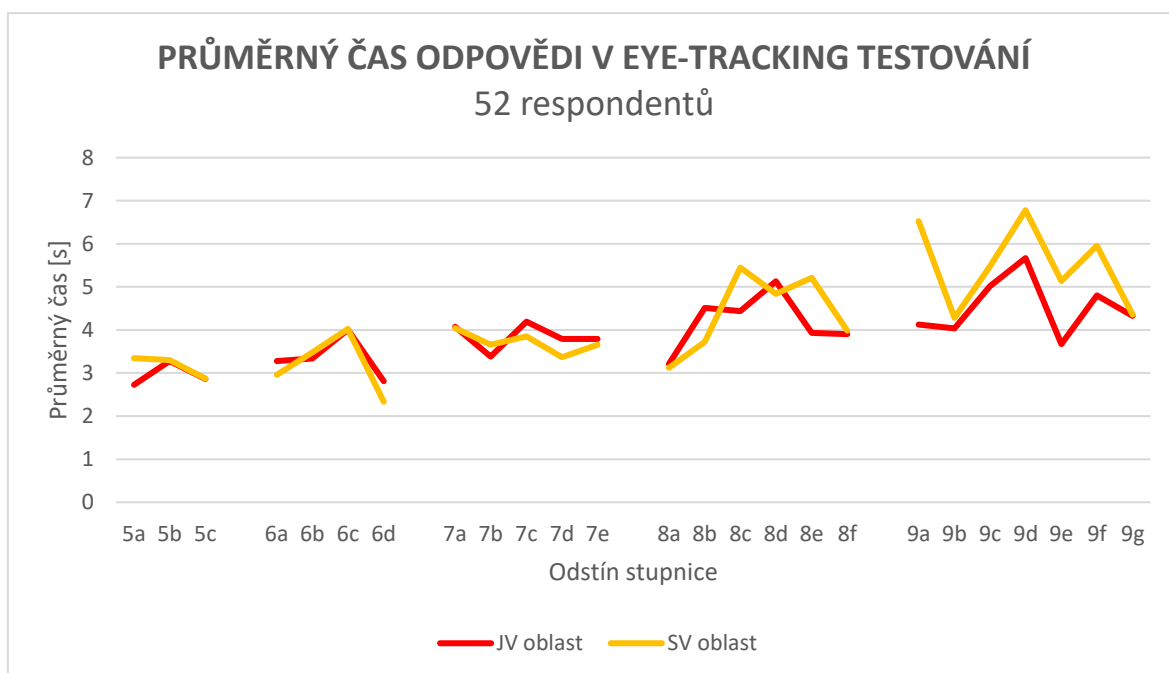
6.3.1 Čas správných odpovědí u jednotlivých odstínů

Správnost odpovědí mezi kartografy nevyšla mezi kartografy nijak výrazně lépe než u osob bez kartografického vzdělání. Při porovnávání času potřebného pro odpovědi na každý z odstínů stupnice, se ale mezi dvěma skupinami respondentů vyskytly jasné rozdíly. V grafu (Obr. 33) lze pozorovat, že kartograficky vzdělání respondenti potřebovali na správné zodpovězení v případě každého odstínu stupnice více času. V průměru potřebovali kartografové o více než sekundu delší čas na rozmyšlenou. V některých odstínech se však čas lišil i o téměř pět sekund (případ prvního dotazovaného odstínu devítiintervalové stupnice). I přes tyto rozdíly v časech je nutno podotknout, že se stále jedná o velmi rychlou identifikaci barevných odstínů. Při opominutí chybovosti u prezentovaných odstínů lze říci, že s navyšujícím počtem intervalů stupnic se nijak nezvyšovala náročnost na čtení mapy. U nekartografů začínaly průměrné hodnoty u pětiintervalové stupnice na 2,5 sekundách a u devítiintervalové vzrostly na průměr čtyř sekund. U kartografů začínaly hodnoty u pětiintervalové stupnici na 3,5 s a vyšplhaly se u devíti intervalů na průměr téměř šesti sekund. Při analýzy dat hodnotu časů mezi kartografy a nekartografy přes p-hodnotu vyšly ale pouze dva ze všech odstínů stupnic jako statisticky významné; stimul 5bJV a 6cSV.



Obr. 33 Graf průměrného času správných odpovědí u odstínů stupnic; dvě skupiny respondentů

Z prezentovaných časů potřebných pro správné splnění úkolů v rámci eye-trackingového testování bylo možné porovnat, zda časová náročnost závisí na konkrétní prezentované mapě, a nejen na dotazovaném odstínu, popřípadě charakteristice respondenta. V grafu (Obr. 34) vyšlo najevo, že v případě pěti-, šesti-, sedmi- a osmiintervalových stupnic nemá kterákoliv z mapových variant vliv na čas potřebný ke správnému zodpovězení otázky. U devítiintervalových stupnic je viditelný rozdíl v průměrných časech obou stupnic. Severovýchodní oblast byla pro respondenty v tomto případě časově náročnější. Vyřešení této mapové varianty otázek trvalo respondentům v průměru o jednu sekundu déle.



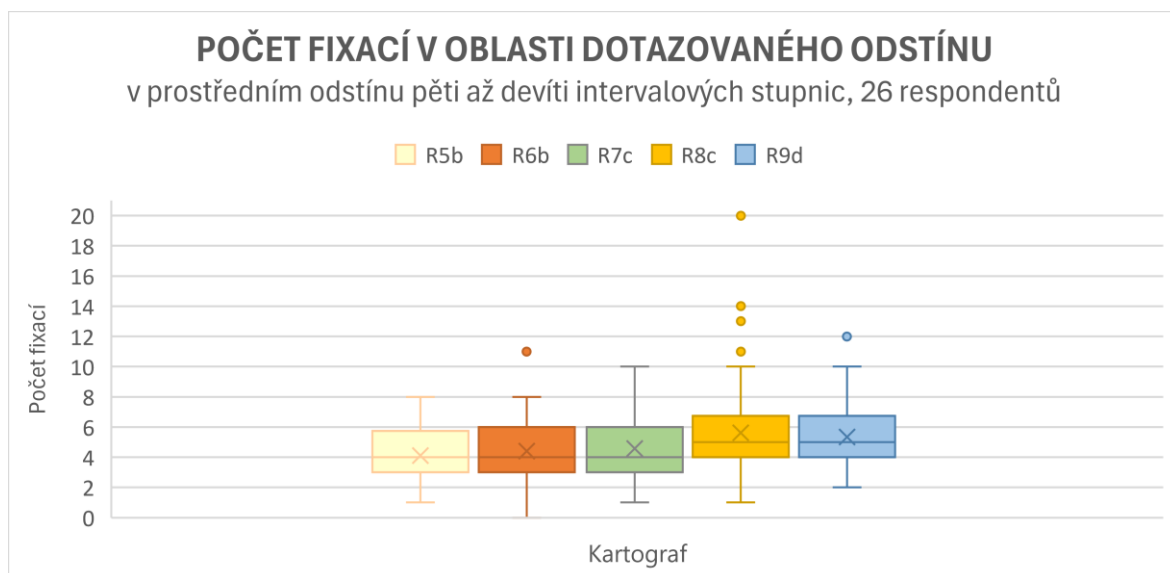
Obr. 34 Graf průměrného času správných odpovědí u odstínů stupnic, dvě mapové varianty

7 RŮZNÉ ZPŮSOBY ŘEŠENÍ OTÁZEK

Prezentované barevné stupnice byly vizualizovány na spojitém jevu nadmořské výšky a nepřímo tak respondenty naváděly na odpočítávání barevných odstínů od nejsvětlejšího nebo nejtmašího odstínu mapy, pro účely zodpovězení na pokládané otázky. V následující kapitole jsou prezentovány různé druhy analýz, které popisují, jakým způsobem byly otázky respondenty řešeny a zda je patrný rozdíl mezi respondenty s a bez kartografického vzdělání.

7.1 Fixace v místě dotazovaného odstínu mapy

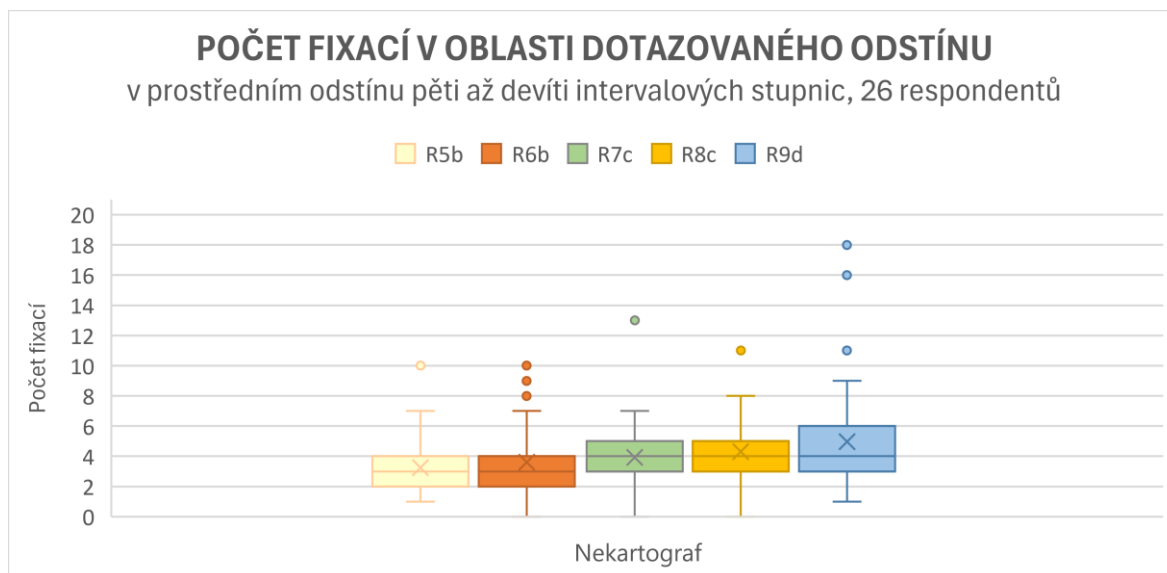
Jednou z možností, jak definovat způsob čtení mapy za účelem zodpovězení na prezentovanou otázku „Identifikujte šipkou označený barevný odstín v mapě s barevným odstínem v legendě.“ je sledovat respondentův počet fixací do definované oblasti testovaného mapového stimulu. Jedna z definovaných oblastí byla individuálně vytvořena pro oblast barevného odstínu v místě, na které ukazovala šipka.



Obr. 35 Graf počtu fixací v oblasti na dotazovaný odstín, respondenti s kartografickým vzděláním

V prezentovaných grafech k počtu fixacím (Obr. 35 a další) je vždy vizualizován pouze prostřední interval v dané stupnici. Mimo důvody spojené s velkým množstvím otázek bylo toto rozhodnutí učiněno proto, že z hlediska individuálního definování oblastí zájmu v testovaných stimulech a s tím spojené vzdálenosti jednotlivých oblastí, se nemohlo stát, že by fixace na dotazovaném odstínu spadala do oblasti definované nad nejsvětlejším nebo nejtmaším odstínem mapy. Například u devítiintervalových stupnic jsou již jednotlivé odstíny velmi blízko u sebe a při definování AOI může oblast dotazovaného odstínu a oblast nejsvětlejšího nebo nejtmašího odstínu mapy být ve velké blízkosti a hrozit tak nepřesnost počtu fixací v obou definovaných AOI. U každého z vizualizovaných středových odstínů stupnic toto nehrozí.

Počty fixací dosahovaly u kartografů velmi podobných hodnot u stupnic s pěti, šesti a sedmi intervaly. Větší rozdíl nastal až u zbylých dvou nejrozsáhlejších stupnic, s osmi a devíti intervaly. Tyto dvě stupnice zřejmě potřebovaly na identifikaci více pozornosti. Za zmínku také stojí případ, kdy jeden z respondentů neměl v definované oblasti dotazovaného odstínu ani jednu fixaci.



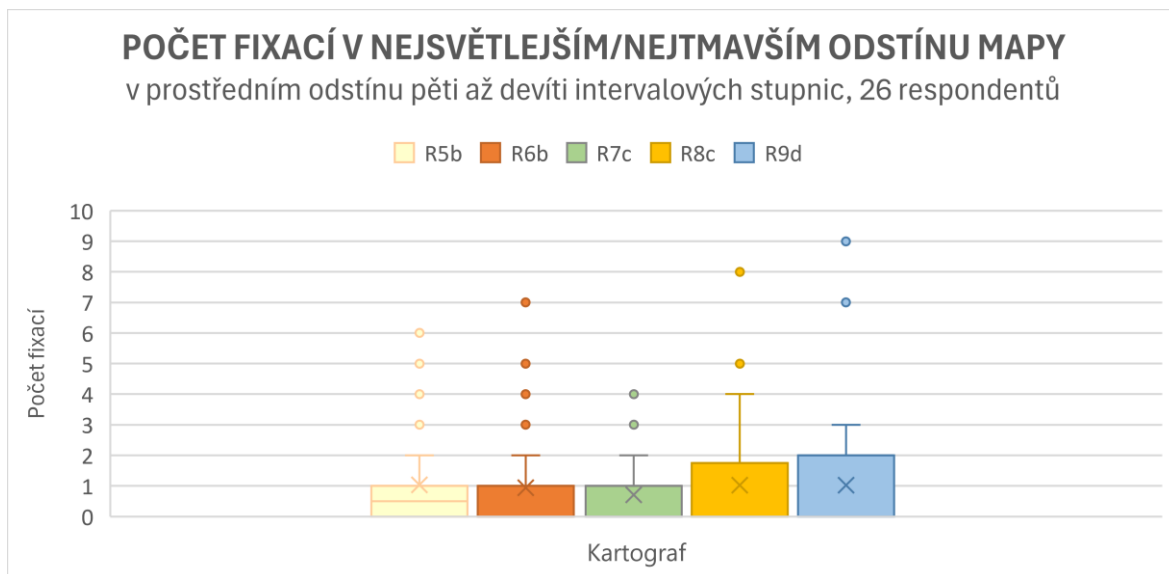
Obr. 36 Graf počtu fixací v oblasti na dotazovaný odstín, respondenti bez kartografického vzdělání

Stejně jako počty fixací ve zde probírané oblasti u kartografů i nyní u nekartografů lze rozdělit graf (Obr. 36) rozdělit na dvě charakteristické části. Téměř identické hodnoty počtu fixací nabývala data v případě pěti- a šestiintervalových stupnic. Oproti tomu jiné, vyšší hodnoty se nachází u počtu fixací u sedmi-, osmi- a devítiintervalových stupnic. Opět je nutno upozornit na jeden ojedinělý případ výskytu nulových fixací ve sledované oblasti. Stalo se tak u otázek na prostřední odstín stupnice se šesti, sedmi a osmi intervaly u jedné té samé osoby. Tento respondent s velkým překvapením odpověděl na celý test v rámci eye-trackingového testu bezchybně.

Při srovnání počtu fixací v oblasti u obou skupin testovaných respondentů, byl mediánový počet fixací u osob s kartografickým vzděláním vždy o jednu fixaci více.

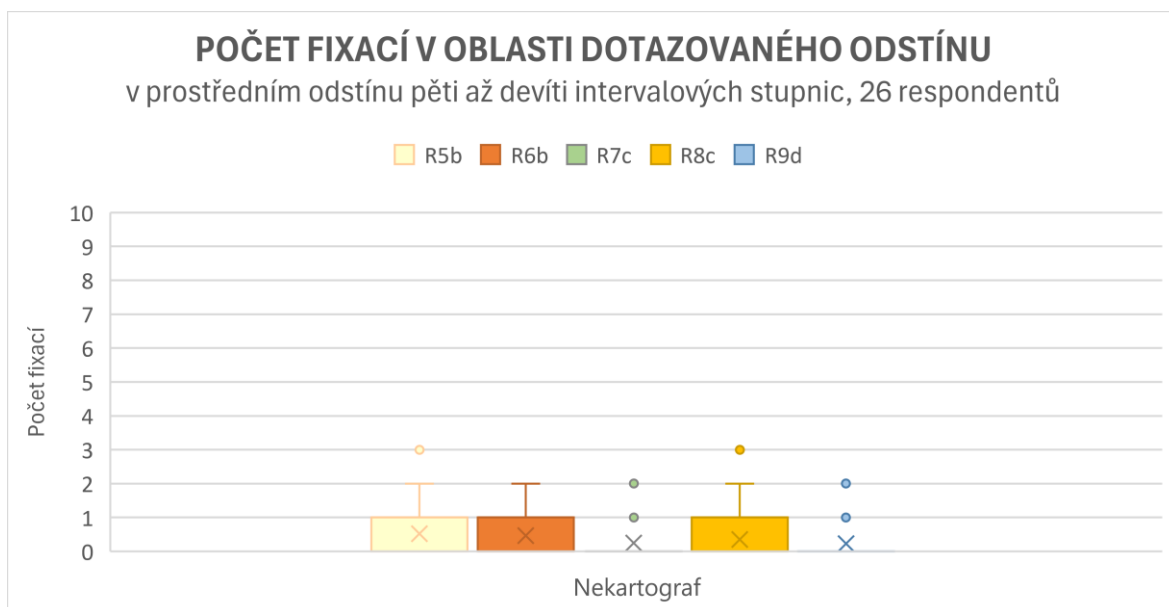
7.2 Fixace v nejsvětlejším nebo nejtmavším odstínu mapy

Hlavním kvantifikovatelným ukazatelem, jak rozpoznat, zda dotazované osoby pro způsob zodpovězení na otázku používaly metodu odpočítávání od nejsvětlejšího nebo nejtmavšího odstínu mapy, byla analýza počtu fixací v definované oblasti mapy s nejsvětlejším nebo nejtmavším odstínem mapy. Opět byly všechny hodnoty porovnávány mezi dvěma skupinami respondentů, těmi s kartografickým vzděláním a těmi bez něj.



Obr. 37 Graf počtu fixací v oblasti nejsvětlejšího/nejtmavšího odstínu mapy, kartografové

V prezentovaném grafu (Obr. 37) lze pozorovat hodnoty počtu fixací v jednotlivých prostředních odstínech různě početně intervalových stupnic. Jedná se o hodnoty za obě mapové varianty jedné stupnice. Opět se hodnoty různě početných stupnic dělí do dvou skupin s relativně podobnými hodnotami. Medián počtu fixací v prostředních odstínech je u všech variant stupnic kromě pětiintervalové nulový. Při rozdělení dat na dvě skupiny, podle mapových variant lze pozorovat naprostý opak v datech. Při variantě mapy s JV oblastí je medián počtu fixací u osmi a devíti intervalů na stupnici jedna, zbytek je nula. Pro variantu SV oblast je naopak medián nula u osmi- a devítiintervalové stupnice, u sedmi intervalů je to 0,5 a u stupnice s pěti a šesti intervaly poté jedna.

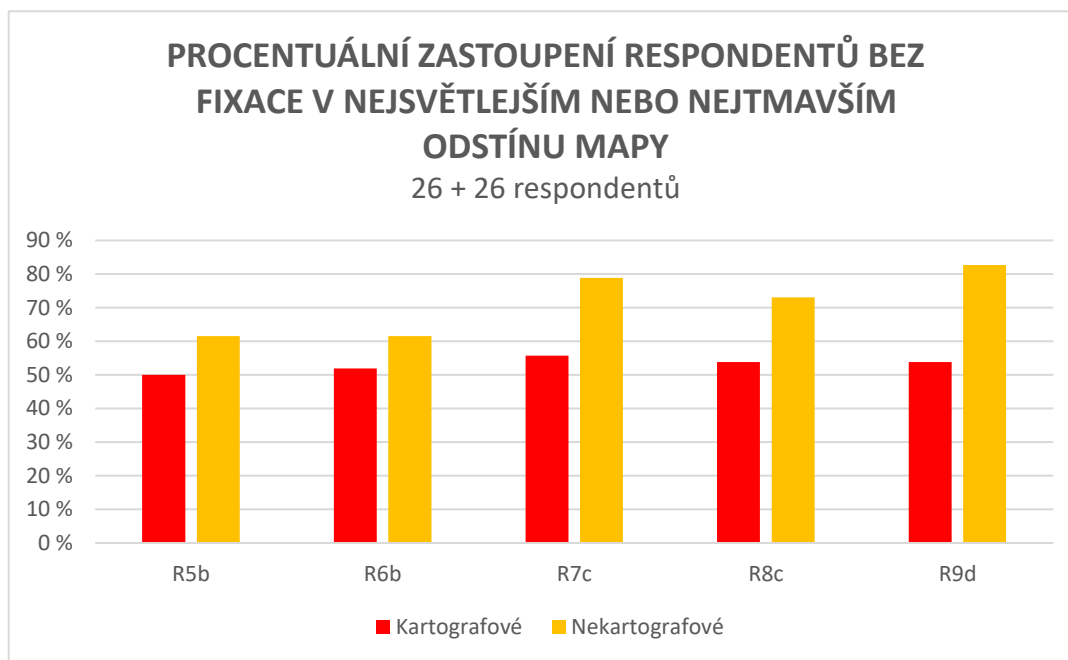


Obr. 38 Graf počtu fixací v oblasti nejsvětlejšího/nejtmavšího odstínu mapy, nekartografové

V případě nekartograficky vzdělaných respondentů se v oblastech mapy s nejsvětlejším nebo nejtmavším odstínem nacházelo ještě mnohem méně fixací a naprosto převažovaly fixace nulové (Obr. 38). Mediánové hodnoty fixací v diskutované oblasti byly v každém z druhů stupnic nulové. Při rozdělení hodnot podle mapové varianty jako jediná

nenulová varianta vyšla pětiintervalová stupnice s vizualizovanou severovýchodní oblastí USA.

Pro porovnání toho, jaké množství respondentů z obou charakteristických skupin, pro způsob odpovídání na otázku používali metodu odpočítávání byl vytvořen graf (Obr. 39) s procentuálním zastoupením respondentů, kteří v nejtmaším nebo nejsvětlejším odstínu mapy neprovedli ani jednu oční fixaci. Minimálně jedna fixace v této oblasti byla definována jako potvrzení, že daný respondent používal metodu odpočítávání barevných odstínů pro daný stimul.



Obr. 39 Graf procentuálního zastoupení respondentů bez fixací v oblasti nejtmaššího nebo nejsvětlejšího místa mapy

U kartograficky vzdělaných respondentů stále polovina z testovaných v probírané oblasti mapového stimulu neměla zaznamenanou ani jednu fixaci. Konkrétní procentuální zastoupení těchto osob se mění, ale kolísá okolo hodnoty 50 %. Zajímavé je, že u jedné z mapových variant toto procento s přibývajícím počtem intervalů klesá a u varianty druhé naopak stoupá. Co se týče respondentů bez kartografického vzdělání, tak u nich byla metoda odpočítávání odstínů ještě daleko méně populární. U stupnice s pěti a šesti intervaly metodu odpočítávání používalo zhruba 40 % respondentů bez kartografického vzdělání. U stupnice devítiintervalové to bylo pouhých necelých 18 %.

U kartografů se našlo celkem 6 osob, kteří ve zde zahrnutých pěti barevných odstínech jedné mapové varianty neměly ani jednu fixaci v oblasti zájmu v nejtmaším nebo nejsvětlejším odstínu mapy, u nekartografů jich bylo celkem 14. V opačném případě, osob s minimálně jednou fixací u každého z prostředních odstínů různě početně intervalových stupnic jedné konkrétní mapové varianty bylo ve skupině kartografů čtyři a u nekartografů pouze jeden.

8 APLIKACE EYETRACK

V osmé kapitole budou analyzována data z eye-trackingového testování pomocí Shiny aplikace eyetRack od autorky Mgr. Veroniky Kalabusové. Shiny aplikace je dostupná na odkaze: <https://vkalabusova.shinyapps.io/shiny/>. Aplikace nabízí celkem sedm analýz pro zpracování eye-trackingového typu dat, ale autorčina práce se bude hlavně zajímat o ty nejpokročilejší. Tím je analýza rekurenční kvantifikace a analýzou ambientní a fokální pozornosti, data budou vždy porovnávána mezi dvěma skupinami respondentů a dvěma variantami testovaných map se stejnou barevnou stupnicí.

Ostatní nabízené operace aplikace eyetRack byly do jisté míry využity v jiných částech práce nebo nepokrývají pro potřeby práce dostatečné množství dat najednou a výstupy z nich nešly agregovat. Při celkem 52 respondentech a 50 testovaných stimulech na každém z nich bylo nutné přejít pouze k agregujícím analýzám.

8.1 Rekurenční kvantifikační analýza

Rekurenci se v nástroji věnují dvě záložky, záložka Recurrence a záložka RQA. První ze jmenovaných nabízí možnost vizualizovat rekurenci v grafu pouze pro jeden stimul a jednoho respondenta naráz, popřípadě vyexportovat celou matici rekurence. Pro účely autorčiny diplomové práce bylo pracováno pouze s analýzami nacházejícími se v záložce RQA. Tady je možnost dostat hodnoty pěti zkoumaných metrik u jednoho stimulu pro více respondentů najednou. Zkoumané metriky jsou počet rekurentních bodů v horním trojúhelníku rekurenčního grafu, míra rekurence, míra determinismu, míra laminarity a střed bodů rekurence (CORM). Všechny metriky byly počítané v rámci AOI se zahrnutou informací o čase.

8.1.1 Graf rekurence

Graf rekurence nebyl pro potřeby práce vykreslován pro všechny respondenty a testované stimuly. Vzniklo by tak velké množství grafů, u kterých by interpretace byla silně subjektivní a jakákoli porovnatelnost jednotlivých respondentů a stimulů mezi sebou by nebyla možná vůbec. Na dvou následujících případech vizualizace stejného stimulu (R9dSV) u dvou respondentů bude názorně ukázáno, jak interpretace grafu rekurence v něm obsažených metrik a vzorů funguje (Obr. 40 a Obr. 41).

V prvním grafu (Obr. 40) je vizualizován respondent č. 2. Jedná se o kartograficky vzdělanou osobu. Na danou otázku zodpověděla správně, což bude případ i vizualizovaného druhého grafu pro respondenta nekartografa (Obr. 41). V grafu je vizualizovaná metoda AOI bez zahrnutí času. V případě, že by graf zobrazoval čas, okolo jednotlivých bodů v grafu by se vygenerovaly navíc ještě různě velké kruhy dle délky konkrétní fixace, což by značně zkomplikovalo interpretaci, protože jednotlivé body, a hlavně vzory v grafu, by byly hůře čitelné. Jednotlivé body rekurence jsou v grafu pro lepší interpretovatelnost barevně rozlišeny. Žlutou barvou je označený nejsvětější odstín v mapě, červenou pak ten nejtmaší. Růžovou má označení místa v mapě, kde se nacházel dotazovaný odstín. Šedou barvou jsou označeny takové intervaly v legendě, které nejsou ty se správnou odpovědí na pokládanou otázku, správný odstín (obdélník) v legendě má barvu zelenou. Modrou barvou jsou v grafu rekurence označeny všechny rekurentní fixace, které se nacházely v mapovém poli mimo jinak definované oblasti zájmu (více k AOI v kapitole 3.1.3).



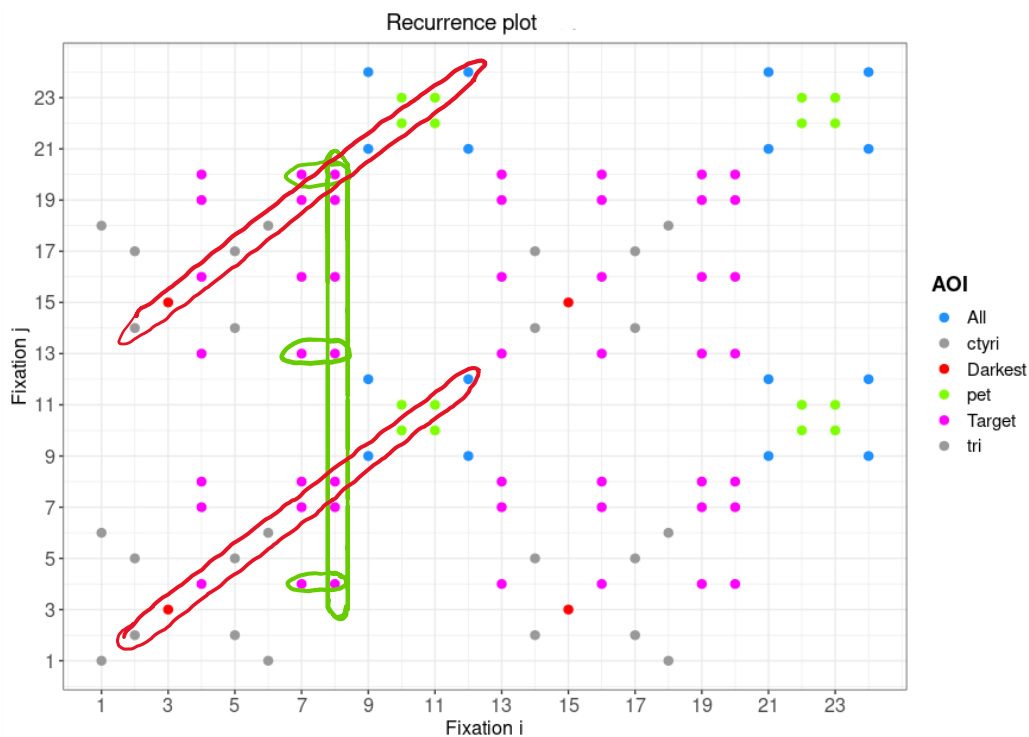
Obr. 40 Graf rekurence respondenta č.2, kartograf; stimul R9dSV

Graf rekurence se čte pouze od diagonály nahoru, na spodní trojúhelník grafu se ohled nebere, protože data se v tom místě vlastně jen opakuji (graf je symetrický přes diagonálu). Každý bod v grafu znamená, že se na daném místě nachází fixace, která se opakuje do stejného místa. To v případě zde použité metody AOI znamená, že fixace byla zaznamenána ve stejné oblasti zájmu. V grafu jsou na ose x i y vyneseny očíslované fixace. Podle nejvyššího čísla na osách můžeme zjistit, kolik fixací člověk při řešení daného úkolu provedl.

U příkladu prostředního stimulu devítiintervalové stupnice (R9dSV) jde vidět, že mimo kategorii „All“ převažují fixace zaměřené do místa dotazovaného odstínu mapy – fialově označené fixace v AOI Target (Obr. 40). Fixace do tohoto místa byla nejprve na začátku sledování stimulu, poté ve středu sledování a pak úplně konci. Pomocí bodů ve vodorovné a horizontální linii můžeme v grafu pozorovat laminární proměnnou. Vodorovné linie znamenají, že se respondent na místo prvně detailně zaměřil a poté se na něj zrakem letmo vrátil, svislé znamenají opak, nejprve letmý pohled a pak detailnější studium oblasti. Již zmíněná oblast dotazovaného odstínu v mapě (růžové body v grafu) nám vykazuje laminaritu v obou liniích (v grafu vyznačeno zeleně). Svislé napříč celým grafem, vodorovné pokaždé ve velké blízkosti u sebe. Míra determinismu, která při sledování vyznačuje určité vzory v posloupnosti sledování stimulu, je v grafu reprezentována diagonálními liniemi. V grafu jde v místě zvýrazněném červeně pozorovat v čase se opakující posloupnost fixací. Respondent zde provádí fixace nejprve v místě dotazovaného odstínu, mapového pole, nejsvětější oblasti mapy a nesprávných odstínů v legendě a vzor ukončuje opět pohledem do dotazovaného odstínu mapy a správného intervalu v legendě.

V druhém grafu s rekurentními body (Obr. 41) můžeme pozorovat daleko menší počet vizualizovaných bodů a podle maximální hodnoty na obou osách také poloviční počet

celkově provedených fixací. Laminaritu můžeme u respondenta č. 33 (nekartografa) pozorovat opět u rekurentních bodů, které se vztahují k oblasti místa s dotazovaným odstínem v mapě (označeno zeleně v grafu). Opět se ve svislé linii projevilo prohlížení místa na začátku v přibližné středu sledování a dále i více ke konci. Horizontální linie je také patrná v AOI „Target“. Nyní se ale v porovnání s respondentem kartografem tyto rekurentní



Obr. 41 Graf rekurence respondenta č.33, nekartograf; stimul R9dSV

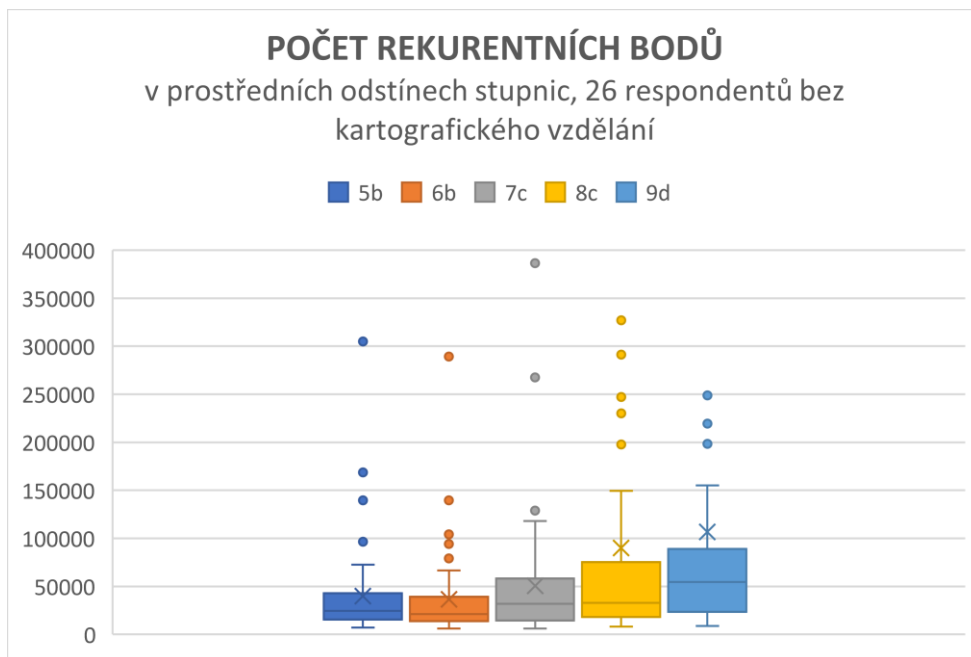
fixace nachází pouze v pozdější části a daleko více od sebe.

Opakování stejné posloupnosti refixací lze u respondenta č. 33 pozorovat v jedné velmi viditelné linii shodné s částí hlavní diagonály grafu (červeně označeno v grafu). Začíná pohledem do nesprávného odstínu v legendě a nejtmašího místa mapy, dotazovaného odstínu až po několik dalších rekurentních fixacích končí ve správném odstínu legendy a mapovém poli obecně.

U obou grafů lze pozorovat, že pokaždé jedny z posledních fixací (refixací) mířily do oblasti správného intervalu v legendě. Čím více bodů rekurence je v grafu obsaženo, tím jednodušší je nějaké vzory sledování najít, ale zároveň je horší charakterizovatelnost, protože od určitého bodu již jako určitý vzor může vypadat téměř všechno.

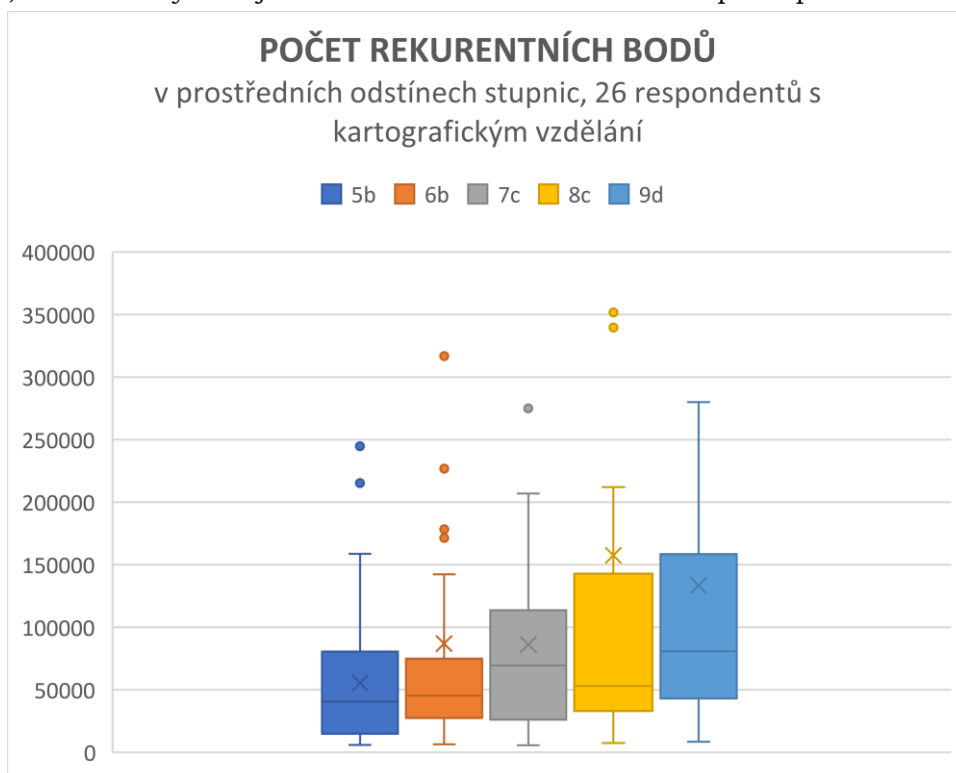
8.1.2 Počet rekurentních bodů

Rekurence se v rámci nástroje eyetRack dá vizualizovat do podoby rekurenčního grafu na záložce Recurrence. V následující záložce RQA, která vytváří tabulku s pěti proměnnými se jako první z nich nachází proměnná počet rekurentních bodů (R). Lze o přesný převod počtu rekurentních bodů, které se nacházejí v samotném rekurenčním grafu v horním trojúhelníku nad diagonálou.



Obr. 42 Graf počtu rekurentních bodů, nekartografové

Počty těchto bodů se mezi respondenty bez kartografického vzdělání hodně liší a data tak obsahují i velké množství outlierů. Průměrné hodnoty počtu rekurentních fixací začínají u málopočetně intervalových stupnic pod hladinou 50 000 a u nejvíce intervalových stupnic v ojedinělých případech dosahují až hodnot nad 300 tisíc těchto bodů. Takové množství bodů by bylo pro potřeby vizualizace v rekurentním grafu velmi těžce interpretovatelné. Obecně se dá říct, že hodnoty rekurentních bodů s přibývajícím počtem intervalů ve stupnici přibývají, jediná malá výjimka je v případě šestiintervalové stupnici, kde hodnoty sahají trochu menších hodnot než u stupnice pětiintervalové.

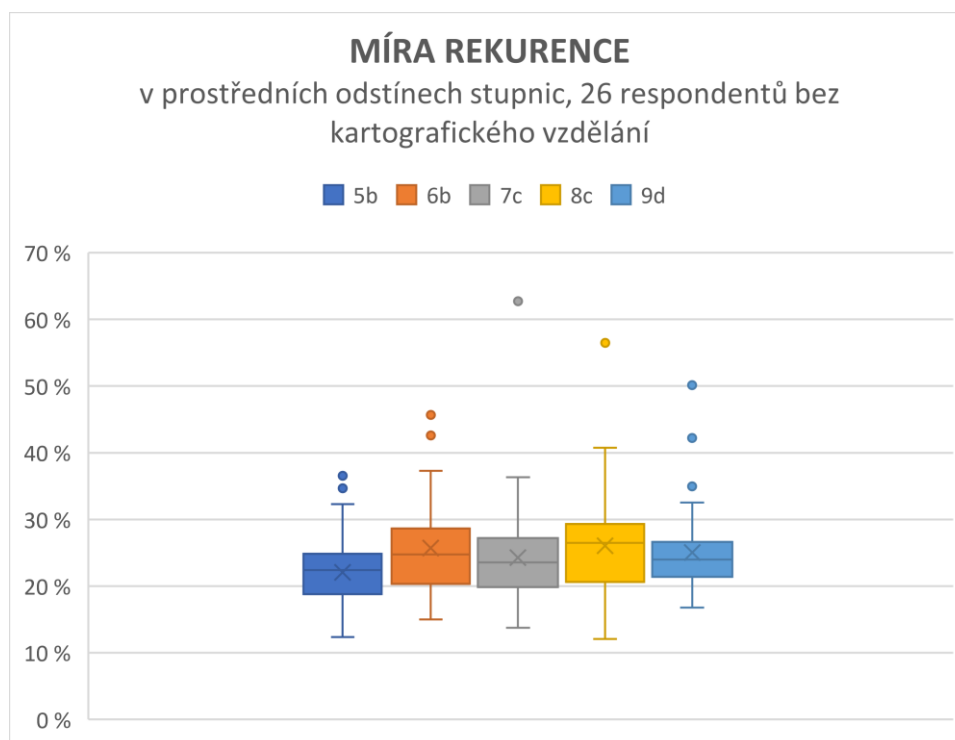


Obr. 43 Graf počtu rekurentních bodů, kartografové

Průměrné počty rekurentních bodů dosahují již u prvních stupnic vyšších hodnot u kartografů než u nekartografů (Obr. 43). Opět lze pozorovat nárůst hodnot s přibývajícím počtem intervalů ve stupnici. Tentokrát však došlo ke dvojitmu přerušení tohoto růstu. Při zaměření pouze na průměr v datech můžeme pokles pozorovat už i u sedmiintervalové stupnice, více patrný je tento pokles v hodnotě průměru patrný u devítiintervalové stupnice. V případě mediánu lze pozorovat pouze jeden pokles s přibývajícím počtem intervalů, a to u stupnice s osmi intervaly. Celkově se v tomto vzorku dat hodně rozchází hodnota průměru a mediánu dat. Statisticky významný rozdíl je u kartografů a nekartografů u stupnice s šesti (p-hodnota 0,01) a sedmi intervaly (p-hodnota 0,013).

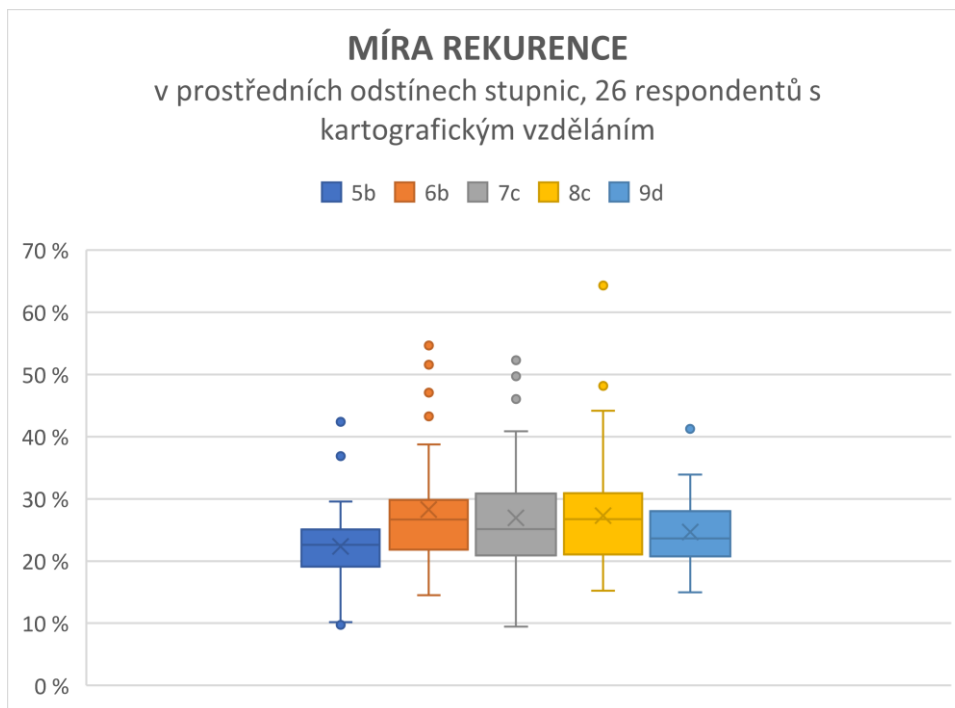
8.1.3 Míra rekurence

Míra rekurence je druhou sledovanou proměnou v analýze rekurentní kvantifikace. Jde o popis toho, jak často se lidé při sledování stimulů zrakem vraceli do stejné oblasti. V následujících grafech (Obr. 43 a Obr. 44) byl uvažován čas, tudíž je vizualizována procentuální hodnota času, které respondent věnoval rekurentním fixacím. Průměr i medián míry rekurence se u prostředních odstínech všech variant stupnic drží u respondentů bez kartografického vzdělání mezi hodnotami 20 a 30 %. Nejde mluvit o žádném růstu nebo klesání hodnot v datech v závislosti na počtech intervalů ve stupnicích.



Obr. 44 Graf míry rekurence, kartografové

Až nezvykle identické hodnoty míry rekurence vychází také u kartograficky vzdělaných respondentů. Na první pohled se v grafu (Obr. 43 a Obr. 44) jedná o stejné rozptýlené hodnoty. Při podrobnější vzhledu do dat se více procentuální rekurence projevuje v datech nasbíraných u nekartografů, rozdíl je ale téměř zanedbatelný, začíná na půl procentě a končí na 1,4 %.

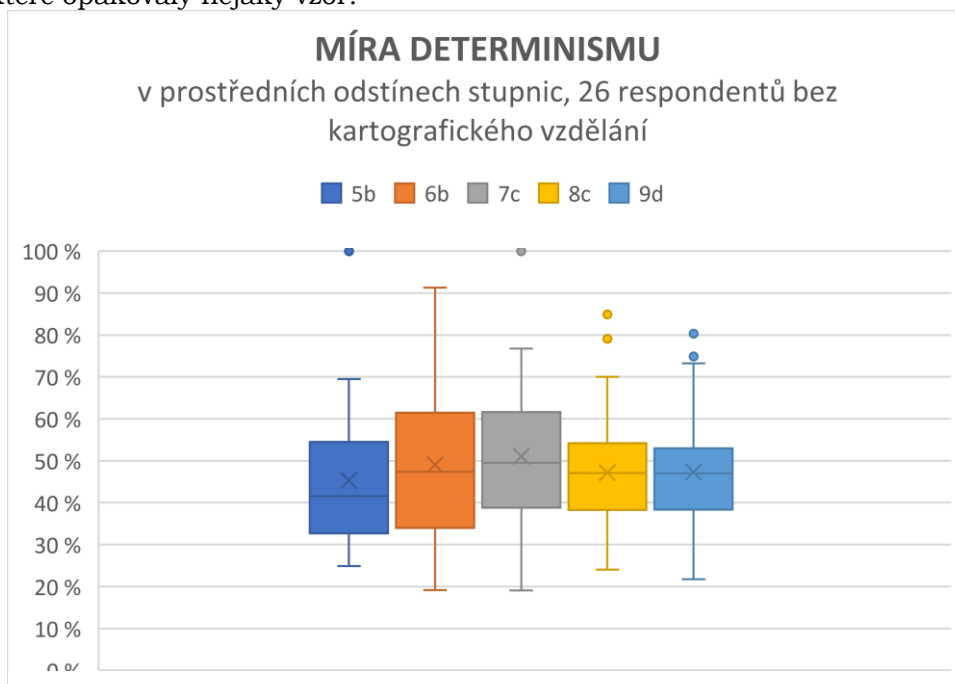


Obr. 45 Graf míry rekurence, kartografové

Z nasbíraných dat vyplývá najevo, že pouze jedna čtvrtina ze všech respondentů provedených fixací byla rekurentní, tedy jen jedna čtvrtina z provedených fixací se vracela do již dříve prohlédnuté oblasti zájmu. Míra rekurence není mezi dvěma skupinami statisticky významná v žádném z vizualizovaných prostředních intervalů.

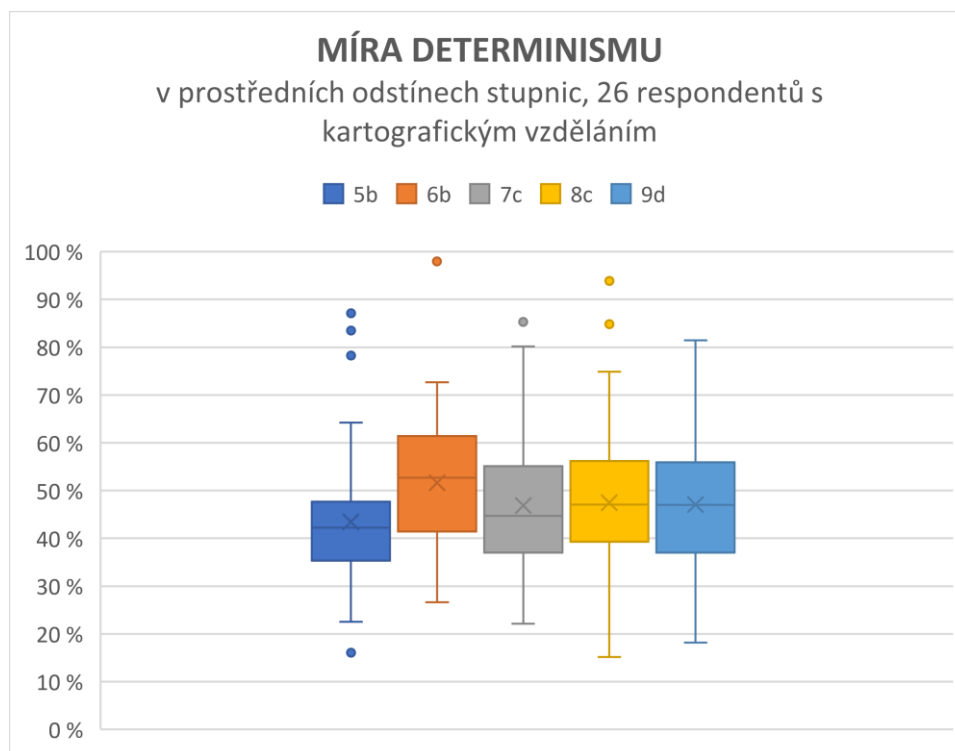
8.1.4 Míra determinismu

Další procentuálně vyjádřenou mírou je míra determinismu. Tato míra popisuje, jak často lidé při sledování stimulů opakují určité vzory. V následujících grafech (Obr. 46, Obr. 47) byl v analýze uvažován čas, proto je vizualizována procentuální hodnota času rekurentních fixací, které opakovaly nějaký vzor.



Obr. 46 Graf míry determinismu, nekartografové

Na první pohled je v datech vidět oproti míře rekurence daleko větší rozptyl, čímž se dá říct, že respondenti, nekartografové, se z hlediska determinismu na testované stimuly dívali více rozmanitě. Hodnoty průměru i mediánu jsou v datech opět celkem konstantní, drží se mezi procentuálními hodnotami 40 a 50, s jednou výjimkou průměru u sedmiintervalové stupnice na hodnotu 51 %. Obecně řečeno lze tvrdit, že v polovině nekartografy provedených refixací šlo pozorovat nějaký vzor. Kartograficky vzdělaní respondenti se od těch kartograficky nevzdělaných nijak zvláště nelišili. Hodnoty průměru i mediánu se i u nich nacházely mezi 40 a 50 %. Opět s jednou výjimkou, tentokrát u průměru i mediánu šestiintervalové stupnice. Průměr byl 51,6 % a medián dosáhl na hodnotu 52,7 %.



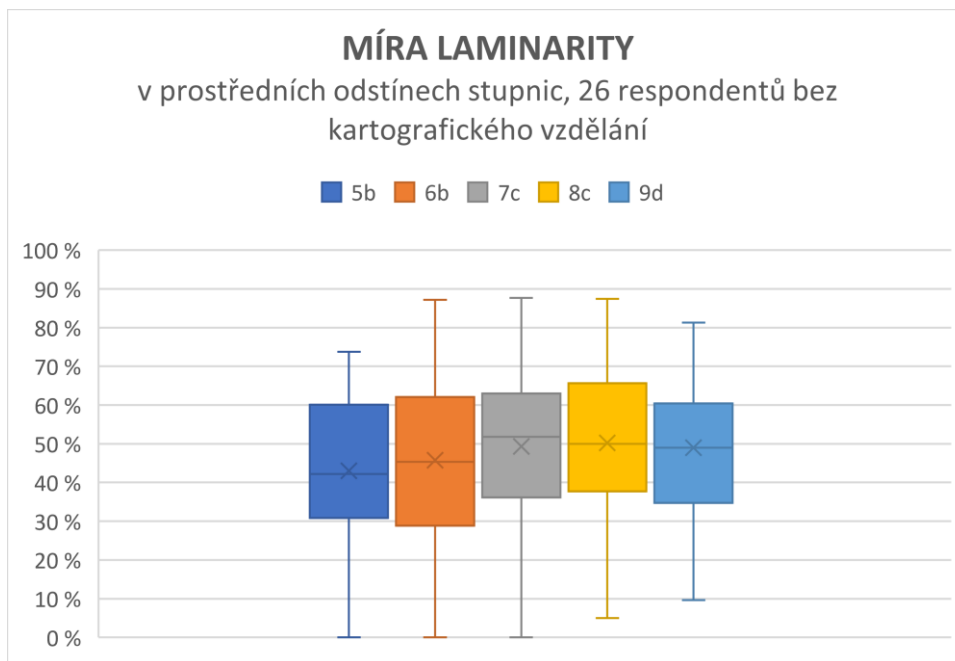
Obr. 47 Graf míry determinismu, kartografové

V předešlých kapitolách vyšlo najevo, že ani jedna z testovaných skupin respondentů nevyužívá nijak dominantně způsob identifikace odpočítávání a ačkoli míra rekurence nespécifikuje o jaký opakující se vzor pozorování stimulů se jedná, lze se domnívat, že mírou rekurencí je zde popisována nejen nečasto používaná metoda odpočítávání barevných odstínů od nejsvětějšího nebo nejtmaššího barevného odstínu, ale také i střídavý pohled z dotazovaného odstínu na odstíny v legendě. Podobnost hodnot míry rekurence mezi kartografy a nekartografy dále dokazuje, že jednotlivé hodnoty nejsou v ani jednom ze středových intervalů statisticky významné.

8.1.5 Míra laminarity

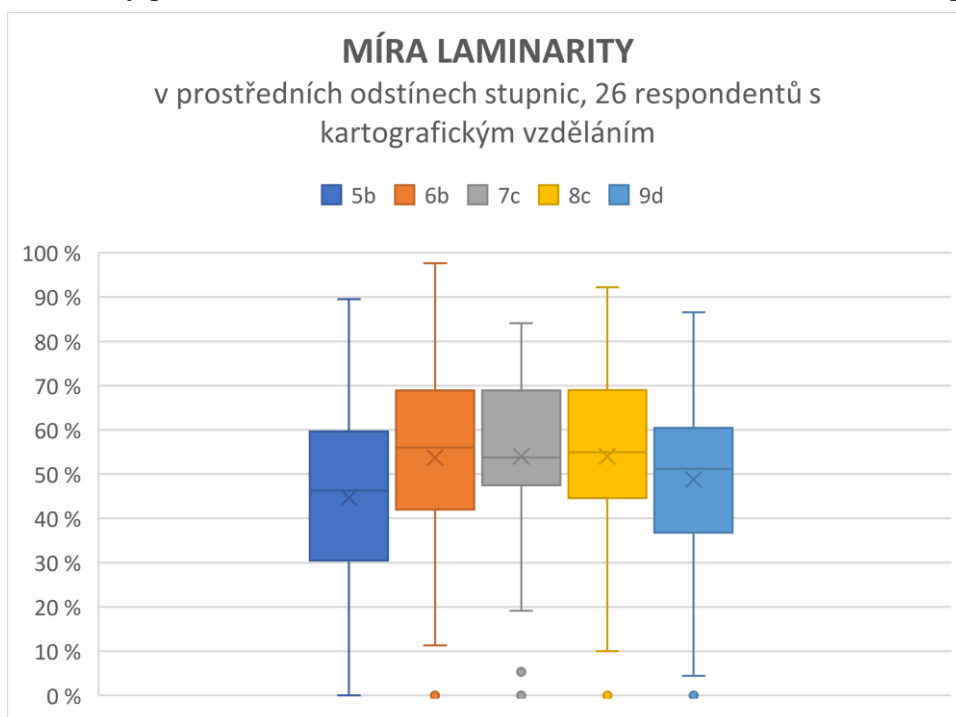
Předposlední proměnná týkající se rekurentní kvantifikační analýzy je míra laminarity, která popisuje detailnější pozorování určité oblasti stimulu. Jedná se o typ pozorování, kdy buď respondenti oblast detailněji prohlédli a poté se k ní letmo vrátili nebo naopak ji nejdříve prohlédli jen letmo a poté později více detailněji. Při variantě se zahrnutým časem opět i tato míra vyjadřuje procentuální zastoupení času laminárních rekurentních fixací v celkovém času všech rekurentních fixací.

Rozpětí hodnot je v případě této proměnné ještě větší než u míry determinismu. Průměrné a mediánové hodnoty u nekartografů ale opět spadají do stejného rozmezí hodnot. Všechny průměrné a mediánové hodnoty u pěti druhů stupnic u nekartograficky vzdělaných respondentů ve všech případech nabývají hodnot od 40 do 50 %. Vše je patrné v následujícím grafu (Obr. 48).



Obr. 48 Graf míry laminarity, nekartografové

V případě míry laminarity lze zcela bez pochyby pozorovat rozdíl mezi hodnotami u kartografů a nekartografů. Zatímco u nekartografů je tato proměnná napříč různými stupnicemi do jisté míry konstantní, u kartografů lze pozorovat jiný trend (Obr. 44). Nejvyšší hodnoty průměru a mediánu se nachází u šesti- a osmiintervalové stupnice.



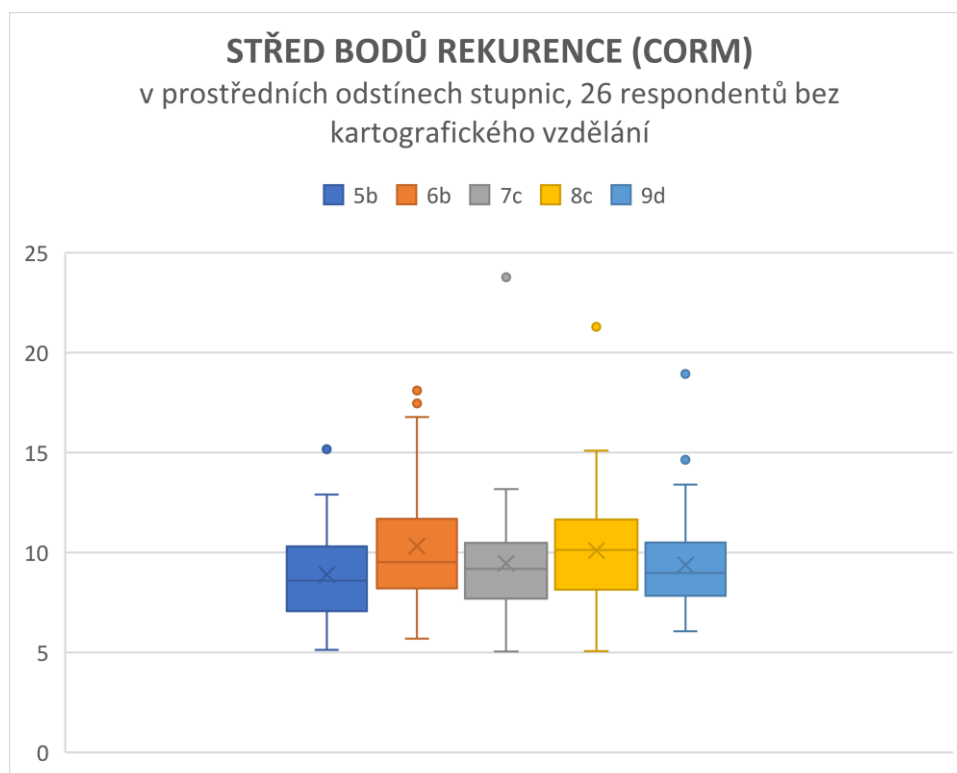
Obr. 49 Graf míry laminarity, kartografové

Sedmiintervalová stupnice představuje lokální propad mediánové i průměrné hodnoty této proměnné. Globální minimum se v datech nachází u nejvíce a nejméně intervalové stupnice. Konkrétně řečeno se nejmenší hodnoty průměru i mediánu nacházejí u pětiintervalové stupnice.

I přes existenci tohoto trendu v datech je nutno podotknout, že absolutní hodnoty průměru a mediánu jsou u této metriky mezi kartografy a nekartografy stále velmi podobné. Stále se hodnoty u nekartograficky vzdělaných respondentů drží mezi hodnotami 44 a 56 %, což nepředstavuje nijak razantní rozdíl od nekartografů. Navíc i viditelné rozdíly mezi jednotlivými stupnicemi u kartografů, které tvoří již zmiňovaný trend v datech jsou v konečném důsledku poněkud minimální, což dále jenom dokazují p-hodnoty mezi oběma skupinami respondentů. Ani v jednom z pěti odstínů nevychází míra laminarity mezi kartografy a nekartografy statisticky významná.

8.1.6 Střed bodů rekurence (CORM)

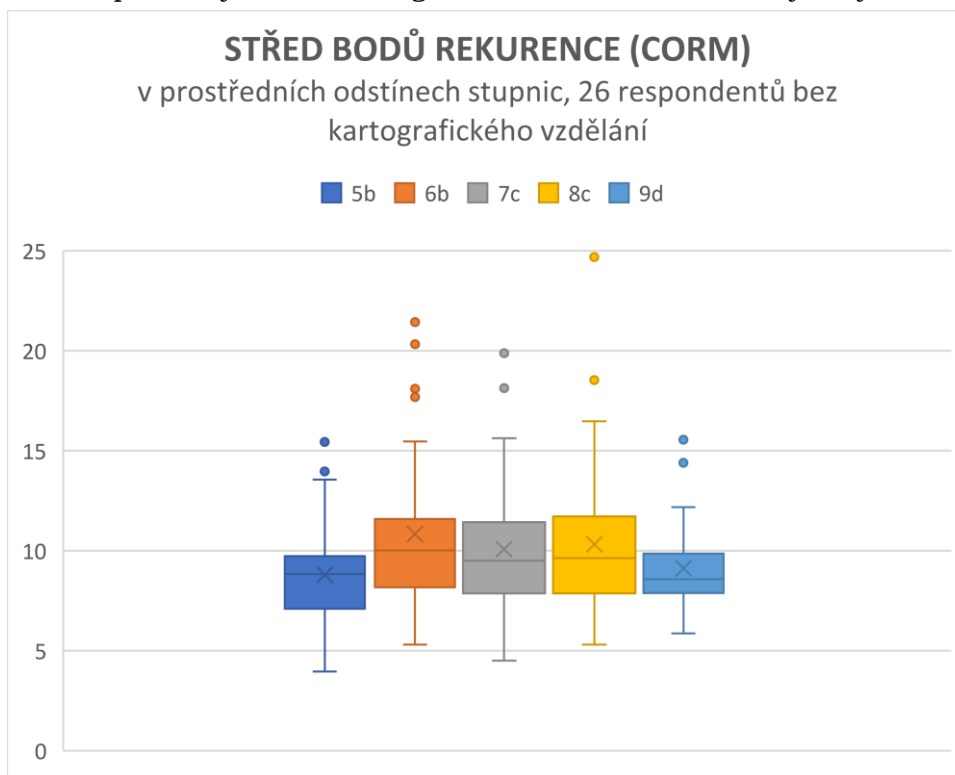
Poslední z metrik ve spojitosti s rekurentní kvantifikační analýzou je míra CORM (Center of recurrent mass), která vyznačuje, kde v čase se vyskytuje většina rekurentních bodů. Při využívání informace o čase hodnota CORM označuje, u kterých z rekurentních fixací na daném testovaném stimulu respondenti tráví nejvíce času. Míra CORM nabývá hodnot od 0 do 100. Čím vyšší hodnota CORM, tím později v čase sledování stimulu nastává refixace, u které respondenti tráví nejvíce času.



Obr. 50 Graf míry CORM, nekartografové

U všech testovaných nekartografů nastává nejdelší fixace v první pětině času celkového sledování testovaného stimulu. Průměrné i mediánové hodnoty se nachází všechny mezi hodnotou 8 a 11 (Obr. 50). Nejdelší rekurentní fixace se tedy u tohoto druhu respondentů nacházela na úplném začátku sledování stimulu, lze tedy tvrdit, že pravděpodobně šlo o fixaci na dotazovaný odstín v barevné stupnici a poté navrácení na to stejné místo. Fixace na tento AOI byla důležitá pro obě definované metody způsobu

identifikování dotazovaného barevného intervalu. Co se trendu v datech týče, tak napodobuje klesání a růst hodnot stejně jako tomu bylo u míry laminarity u kartografů, přičemž tentokrát je trend patrný i v rozpětí dat (Obr. 50). Absolutní rozdíly jsou ale opravdu velmi malé, což opět dokazují i hodnoty p, které pro všechny středové intervaly vychází mezi respondenty s a bez kartografického vzdělání statisticky nevýznamné.

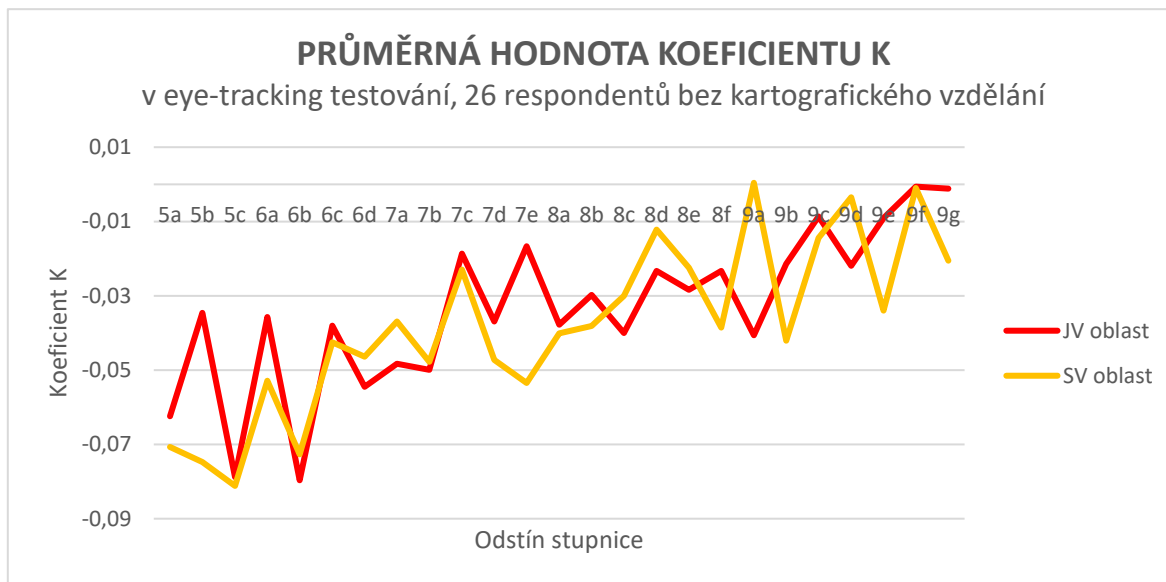


Obr. 51 Graf míry CORM, kartografové

U kartograficky vzdělaných respondentů se nejdelší fixace nacházela v téměř stejném čase. Jde pozorovat i stejný trend jako u nekartografů (Obr. 51). U této míry byl již vyjádřen předpoklad, že jde o vizualizaci reflexe na místě dotazovaného odstínu, tudíž je zde předpoklad, že absolutní hodnoty může ovlivňovat vzdálenost legendy a míra, na které ukazuje šipka. Předpokládá se totiž, že předešle vybraný interval v legendě je poslední místo, na které se respondent dívá, a proto na něm začíná pozorovat i stimul následující a pak první sakáda a fixace povede na místo dotazovaného odstínu.

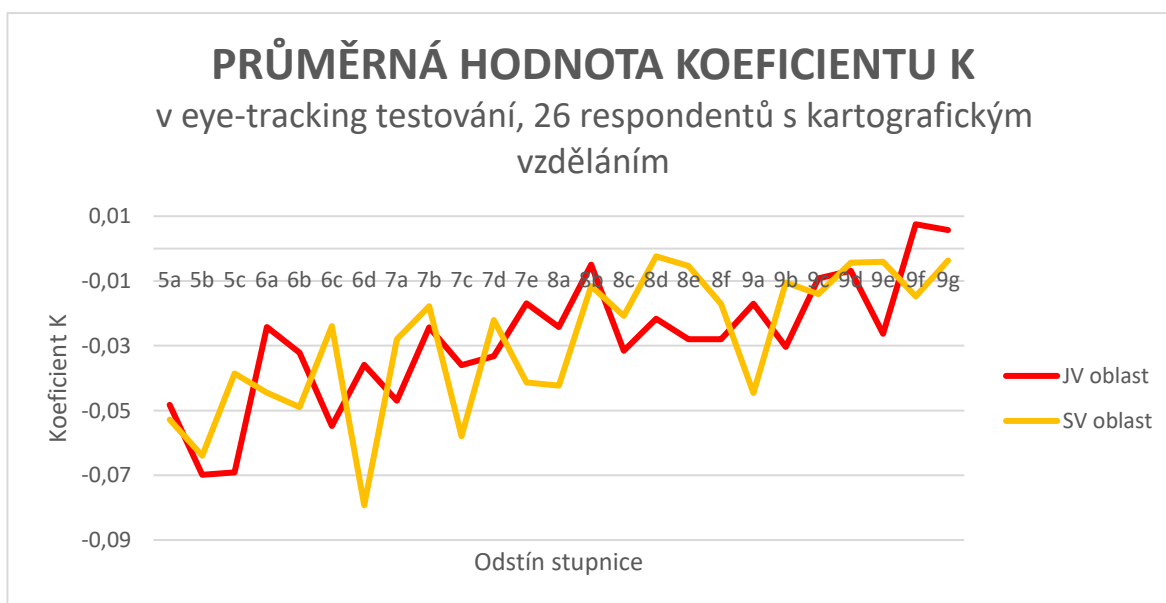
8.2 Analýza ambientní a fokální pozornosti

Jako poslední funkci pro zpracování eye-trackingových dat nabízí aplikace eyetRack analýzu ambientní (okolní) nebo fokální (ohniskové) pozornosti, která je kvantifikována koeficientem K. Koeficient K definuje časový vztah fixace a následné amplitudy sakády. V následujících grafech (Obr. 52 a Obr. 53) je vizualizován průměrný koeficient K pro každý z testovaných stimulů a respondentů s a bez kartografického vzdělání.



Obr. 52 Graf koeficientu K, respondenti bez kartografického vzdělání

U všech testovaných stimulů kromě jediného vycházel koeficient K menší než 0 a tím poukazoval na převažující okolní pozornost u nekartografů a tudíž převažující krátké fixace následovány dlouhými sakádami. Jediný stimul s kladným koeficientem byl první dotazovaný odstín devítiintervalové stupnice v mapové variantě SV oblasti USA. Tady se průměrná hodnota dostala na 0,000412, tudíž lze polemizovat o přesvědčivosti převažujícího typu pozornosti. V datech (viz Obr. 52) se ale projevovala tendence přibližování K koeficientu k 0 s přibývajícím počtem intervalů v testovaných stupnicích.



Obr. 53 Graf koeficientu K, respondenti s kartografickým vzděláním

V případě kartograficky vzdělaných respondentů vychází podle grafu (Obr. 53) hodnoty koeficientu velmi podobně. Opět ve všech, tentokrát kromě dvou, testovaných stimulech převažuje okolní typ pozornosti při sledování map respondenty. Jediné dva stimuly s ohniskovou pozorností jsou ve variantě map JV oblasti u posledních dvou dotazovaných odstínů devítiintervalové stupnice (R9fJV a R9gJV). Hodnota koeficientu K v porovnání mezi testovanými osobami s a bez kartografického vzdělání vycházela vyšší u kartografů. U 13 testovaných odstínů (z celkem 50) vyšla hodnota K vyšší u nekartografů. Celkem byla průměrná hodnota koeficientu K u všech stimulů u kartografů $-0,0284$ a u nekartografů $-0,0357$.

Téměř u všech respondentů v téměř všech testovaných stimulech tedy převažovala okolní pozornost, která znamená, že respondenti prováděli krátké fixace následovány dlouhými sakádami. V tomto druhu analýz není přítomna žádná jiná další proměnná, která by více definovala o jak dlouhé fixace a sakády se jedná. Nevíme tedy ani to, na jakých hodnotách se nachází hranice pro definici jedné pozornosti jako okolní nebo ohniskové. Jediné, co lze v rámci koeficientu K tvrdit, že s přibývajícím počtem intervalů ve stupnici se u respondentů v průměru prodlužovalo trvání fixací, a naopak zkracovaly sakády.

9 VÝSLEDKY

V práci bylo skrze uživatelské testování pomocí dotazníkového šetření a eye-tracking experimentu dosaženo otestování dvou vybraných stupnic. Šlo o zelenou a červenou stupnici. Obě stupnice pocházely z online nástroje ColorBrewer 2.0 od autorů Cynthia Brewer and Marka Harrowera. V dotazníku byly otázky na obě stupnice, červenou i zelenou. V eye-tracking testování bylo dotazováno pouze na stupnici červenou, ale na každý jeden odstín dvakrát, tudíž byly vytvořeny dvě verze mapových stimulů. Na mapách byl vizualizován spojitý jev nadmořské výšky a každá z map obsahovala oblast pobřeží daného kontinentu s nejsvětlejším odstínem stupnice a tím nepřímo respondenty nabádala k odpočítávání jednotlivých odstínů. Pro účely uživatelského testování vybraných barevných stupnic byl navržen jednoduchý princip výzkumu. Respondenti měly za úkol identifikovat barevný odstín v mapě, který byl označen šipkou, s barevnými odstíny v legendě.

Při návrhu, realizaci i samotném vyhodnocování obou částí uživatelského testování bylo pracováno se pěti předpoklady. První z nich byl, že s **přibývajícím počtem intervalů ve stupnici bude snižována úspěšnost odpovědí** od respondentů a také že se **menší počty chyb budou vyskytovat u respondentů s kartografickým vzděláním než těch bez něj**. Dále byla snaha ověřit, zda je pravda, že **kartografové potřebují na správné zodpovězení otázek méně času než nekartografové**. Dvojí testování jednoho druhu červené stupnice mělo dokázat, že **úspěšnost identifikace barevných odstínů závisí na konkrétní mapě**. Nejnáročnější část spočívala ve studiu toho, jak se lišily **způsoby identifikace odpovědi** na dotazované odstíny. Předpokladem bylo, že kartograficky vzdělaní respondenti odhalí spojitost jevu a využijí ji jako pomůcku pro identifikaci odstínu a budou tedy odstíny, buď od nejsvětlejšího nebo nejtmavšího odstínu, odpočítávat. U nekartograficky vzdělaných testovaných osob byl předpokládán způsob identifikace formou porovnávání barvy dotazovaného intervalu stupnice s odstíny v legendě. Poslední idea spočívala v tom, že správnost identifikovaných odstínů stupnice bude záviset na konkrétní mapě, nad kterou bude stupnice vizualizována. Z důvodů zde zmíněných výzkumných otázek byly zvoleny pokaždé stupnice s pěti až devíti intervaly, respondenti byli osoby s i bez kartografického vzdělání, červená stupnice byla otestována na dvojí variantě map a celé testování se provádělo i technologií eye-trackingu, aby se mohl důkladněji zkoumat způsob odpovědi na prezentované úkoly.

9.1 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření s cílem otestovat červenou a zelenou stupnici bylo realizováno prostřednictvím platformy LimeSurvey. Celkem dotazník obsahoval 61 otázek, z nich 50 se týkalo otázek na barevné odstíny v mapě. V konečném důsledku se podařilo nasbírat 104 odpovědí pro červenou stupnici a 79 pro zelenou.

U obou stupnic se potvrdila hypotéza, že s **rostoucím počtem intervalů stupnice klesá správnost jejich identifikace**. Celkem byla chybovost respondentů v této stupnici desetiprocentní. Rostla od 2 % pro pět intervalů až po 17 % u stupnice devítiintervalové (Obr. 14). Při podrobnější analýze jednotlivých odstínů různě početných stupnic z hlediska chybovosti nejhůře vycházely odstíny ve středu stupnice a také do jisté míry první dotazované odstíny v každé ze stupnic. Nejrychleji respondenti správně odpovídali na otázky ke šestiintervalové stupnici (průměr 14 s), průměrně nejdéle jim zabrala nejtěžší devítiintervalová stupnice a to 21 s (Obr. 16).

Chybovost u zelené stupnice byla o více než polovinu vyšší než u červené, dosáhla 16 %. Při srovnání jednotlivých stupnic s různým počtem intervalů dosahovaly hodnoty

oproti stupnicím červených někdy až dvojnásobných hodnot chybovosti. U zelené stupnice podobně jako i u červené vede v chybovosti vždy odstín ve středu stupnice a tentokrát nelze jednoznačně říct, že by první dotazované intervaly měly vyšší chybovost než ty poslední odstíny nebo naopak.

Porovnání chybovosti obou stupnic vychází hůře pro stupnici zelenou, z hlediska času potřebného pro správné zodpovězení jsou obě barevné stupnice ve všech svých různých početných varianty byly hodnoty velmi podobné. Mediánový počet chyb byl u jednoho respondenta v červené stupnici dvě (z 25 otázek na stupnici) u zelené stupnici to byl medián tři (opět z celkem 25 otázek). Rozptyl počtů chyb na respondenta byl u zelené stupnice daleko větší než u červené (Obr. 24) a i p-hodnota nakonec odhalila statistickou významnost chybovosti obou skupin respondentů.

9.2 Eye-tracking testování

V eye-tracking části výzkumu bylo provedeno testování pouze červené stupnice, ale pro každou ze stupnic byly vytvořeny dvě mapové varianty testovaných stimulů, aby bylo možné ověřit závislost správnosti odpovědi na konkrétní mapové vizualizaci. Testování bylo provedeno na 52 respondentech, kde polovinu z nich tvořili kartografové.

Celková chybovost červené stupnice mezi respondenty bez kartografického vzdělání dosáhla 8,5 %. Při pohledu na konkrétní odstíny testovaných stupnic opět nejhůře vychází prostřední interval a velmi výrazně i první testovaný odstín R7a v sedmiintervalové stupnici (Obr. 26). Při rozdělení chybovosti podle druhu map, na které byly stupnice vizualizovány se potvrdila teorie, že **chybovost je závislá na konkrétní mapě**. Obtížnější pro kartograficky nevzdělané byla verze map JV oblasti, ale u devítiintervalové stupnice ji v chybovosti velice převýšila varianta mapy SV oblasti. Rychlost správných odpovědí byla v průměru u nekartografů 3,4 s, výrazné rozdíly v průměrných časech s narůstajícím počtem barevných odstínů ve stupnici pozorovány nebyly.

Kartograficky vzdělaní respondenti uspěli v testu pouze o trochu lépe. Celková chybovost stupnic u kartografů dosáhla 7,5 %, pouze o jedno procento lepší než u nekartografů. Nejproblémovější byl pokaždé opět prostřední odstín stupnice a při porovnání dvou mapových variant vyšla z hlediska chybovosti hůře mapa s vizualizovanou severovýchodní oblastí USA (Obr. 29). Při srovnávání průměrného času potřebného pro správné zodpovězení pokládaných otázek vyšlo najevo, že **kartograficky vzdělaní respondenti potřebovali v průměru o jednu sekundu delší čas na rozmyšlenou**. V grafu (Obr. 33) lze pozorovat, že tento trend, kde kartografové potřebovaly více času existuje u každého z dotazovaných odstínů. Naopak viditelný rozdíl v průměrném času správných odpovědí u dvou mapových variant patrný není (Obr. 34).

9.3 Způsob identifikace odpovědí

První ze sledovaných ukazatelů, který měl pomoci identifikovat různé způsoby řešení úkolů mezi dvěma skupinami respondentů, bylo sledování počtu fixací v individuálně nadefinovaných oblastech zájmu každého z testovaných stimulů.

Sledované počty fixací v oblasti s nejsvětlejším nebo nejtmašším odstínem mapy dosahovaly velmi malých hodnot. Tyto fixace měly dokazovat, zda respondenti k odpovídání využívali metodu odpočítávání barevných odstínů či nikoli. Mediánová hodnota počtu fixací u nekartografů byla v této oblasti zájmu napříč všemi prostředními odstíny 0 (Obr. 37). U kartografů nebyly tyto hodnoty nijak viditelně rozdílné. Jediná nenulová mediánová hodnota byla u pětiintervalové stupnice, dosahovala hodnoty 0,5 (Obr. 38). U kartografů se nacházely fixace v probírané oblasti u zhruba poloviny respondentů. U kartograficky

nevzdělaných respondentů se toto procento měnilo v závislosti na dané stupnici. U pětiintervalové stupnice mělo fixaci v dané oblasti zhruba 40 % osob, u nejtěžší devítiintervalové to už byla pouhá pětina osob. Podrobnější přehled toho, v jakých stimulech obě skupiny respondentů přece jen fixace v této oblasti zájmu provedly a jaké bylo jejich procentuální zastoupení lze nalézt v grafu na Obr. 39.

9.4 Analýzy nástrojem eyetRack

Shiny aplikace eyetRack od autorky Mgr. Veroniky Kalabusové byla použita pro více hloubkovou analýzu eye-trackingových dat. V této aplikaci na nachází celkem sedm různých analýz na zpracování dat z eye-trackerů SMI nebo Tobii. Hlavní zaměření bylo na její dvě nejobtížnější analýzy, rekurentní kvantifikační analýzu a analýzu ambientní a fokální pozornosti.

9.4.1 Rekurentní kvantifikační analýza

Rekurence se mimo vizualizace v grafu dá vyjádřit v Shiny aplikaci pomocí pěti metrik. Je to počet rekurentních bodů v horním trojúhelníku rekurentního grafu, míra rekurence, míra determinismu, míra laminarity a střed bodů rekurence v celkovém čase sledování stimulu (CORM). Všechny tyto metriky byly vizualizovány pro prostřední odstíny různě početných barevných stupnic a porovnávány mezi skupinami respondentů s a bez kartografického vzdělání. Nastavení metody bylo na AOI se zahrnutím informace o čase.

Počty rekurentních bodů u kartografů i nekartografů přibývaly s narůstajícím počtem intervalů ve stupnicích. Při srovnání dvou druhů respondentů bylo v průměru více bodů rekurence u každého ze prostředních odstínů u kartografů. Při srovnání hodnot p vyšlo najevo, že statisticky významný rozdíl v datech mezi kartografy a nekartografy se nachází u stupnice se šesti a sedmi intervaly. Ostatní míry, které nástroj v rámci rekurentní kvantifikační analýzy vypočítává vyšly pokaždé napříč všemi prostředními intervaly stupnic a dvěma skupinami respondentů velmi podobně. Nic statisticky významného p -hodnoty dále neodhalily.

9.4.2 Analýza ambientní/fokální pozornosti

Závěrem byla aplikace eyetRack použita na analýzu ambientní (okolní) a fokální (ohniskové) pozornosti. Typ převažující pozornosti je ve výsledcích analýz reprezentován hodnotou koeficientu K . Koeficient K nabývá záporných i kladných hodnot, $K < 0$ znamená převažující okolní pozornost, $K > 0$ naopak pozornost ohniskové. V naprosté většině testovaných stimulů vycházela hodnota K záporná, tudíž se vyskytovala pozornost okolní. Což znamená, že u respondentů převažovaly krátké fixace s následnými dlouhými sakádami. S přibývajícím počtem intervalů ve stupnici docházelo k přibližování koeficientu K k nule, ale kromě ojedinělých případů zůstávalo záporné. Rozdíl mezi kartografy a nekartografy byl v tomto případě minimální.

10 DISKUZE

V diplomové práci bylo provedeno uživatelské testování dvěma způsoby s cílem, aby vybrané dvě metody navzájem vyvážily své nedostatky. Dotazníkové šetření neposkytuje hloubkovou sondu do způsobu, který respondenti použili při výběru odpovědí, což mělo vyřešit použití techniky eye-tracking. Naopak jedna z nevýhod eye-tracking experimentu je jeho nutnost realizace v laboratorním prostředí a výsledek celého experimentu je pak specifický jen pro použité podmínky. Tento problém měl být zpětně vyřešen použitím dotazníkové šetření, které respondenti vyplňovali v různých podmínkách na vlastních zařízeních.

Práce si dala za cíl přijít s doporučeními pro používání kvantitativních barevných stupnic v mapových dílech, ale jeho rozsahem testování pouze dvou konkrétních barevných stupnic dochází v rámci tohoto cíle k určitým limitacím. Rozhodně nelze na takto úzce zaměřeném testování dvou stupnic provést všeobecně platné závěry pro jakoukoli kvantitativní stupnici v kartografii. Při výběru barevných škál byla snaha vybrat populární zdroj, u kterého je jistota jejich reálného používání v kartografických dílech. Co se konkrétních stupnic v rámci vybraného online nástroje ColorBrewer 2.0 týče, byl proveden výzkum toho, s jakými barevnými stupnicemi v mapách se široká veřejnost má největší šanci potkat. Ideálním případem by bylo otestování více barevných stupnic (nástroj ColorBrewer 2.0 nabízí jednobarevných sekvenčních šest), třeba i na větším a různorodějším vzorku respondentů a s použitím jiných zdrojů stupnic s větším počtem intervalů na dané stupnice. Dovolím si tvrdit, že provedený výzkum byl svým rozsahem, co se vybraného počtu stupnic a počtu respondentů na svém limitu. Nutno totiž podotknout, že každá nově zařazená stupnice by vygenerovala 25 nových otázek, při eye-trackingu by to bylo dokonce 50 kvůli dvojímu testování každého odstínu (při předpokladu testování pěti- až devítiintervalových stupnic na každou novou stupnici).

Velmi důležité bylo pro celé testování vytvoření vhodných mapových stimulů, které dobře vizualizovaly vybrané barevné stupnice. Při tvorbě těchto map byla snaha dosáhnout stejně velké plochy mapového pole pokryté každým z testovaných barevných odstínů. Ale i technika ručního nastavování intervalů měla své limity a specifika výškových poměrů vizualizovaných oblastí ovlivnila konečný průběh barevných vrstev v mapě. Kdyby práce nenavazovala na závěry předem publikované studie k Atlasu fenologických poměrů Česka (Popelka et al. 2014), kde bylo zjištěno že kartograficky vzdělaní respondenti používají jiný způsob identifikace barevných odstínů než nekartografové, byla by vizualizována jiná kartografická metoda než metoda barevných vrstev. Jednou z nabízených je metoda kartogramu nebo hexagonového gridu. V případě použití těchto metod by ale odpadla při analýze dat možnost sledovat, kolik respondentů použilo při odpovídání metodu odpočítávání barevných odstínů. Barevné odstíny, které by v mapě byly vedle sebe by totiž nutně nebyly odstíny sousedící v legendě. Pravděpodobně by tak respondenti používali pouze metodu porovnávání barevného odstínu s intervaly v legendě.

Jedno eye-tracking testování zabralo v průměru devět minut a respondenti nepůsobili po zodpovězení celkem 59 otázek vyčerpaně. Opačné pocity byli sdělovány od osob během pilotního testování dotazníkového šetření, kde průměrný čas pro zodpovězení porovnatelně dlouhého testu byl u 79 osob, kteří vyplnili obě stupnice téměř 25 minut. V případě dotazníku 50 map působilo na respondenty jako vyčerpávající množství. Jeden z důvodů, proč tomu tak mohlo být, mohou být pro respondenty lepší podmínky při eye-trackingové verzi testování, jelikož byly mapy promítány na dostatečně velkém monitoru při dobrém osvětlení místnosti. Respondenti se v těchto podmínkách plně soustředili na probíhající testování. Během toho, co respondenti vyplňovali dotazník nemuseli být plně soustředěni,

což prodlužovalo čas nad dotazníkem strávený a navozovalo pocit, že je dotazník delší, než ve skutečnosti opravdu byl.

Úspěšnost respondentů v dotazníkovém šetření byla při identifikování zelené stupnice značně nižší než u stupnice červené. Toto mohlo být způsobeno horší vizualizací stupnice v mapě, horší interpretovatelností zelené barvy v porovnání s barvou červenou nebo i jejím umístěním v dotazníku za stupnici červenou. Zelená stupnice byla umístěna do druhé, závěrečné části dotazníku, tudíž se na respondentech mohla projevit únava a případně i snížená pozornost na vyplňování dotazníku. Toto je něco, co by mohlo být vyřešeno rozdělením dotazníku na dvě části, avšak se poté vystavujeme otázce, zda by pro dva samostatné dotazníky bylo nasbíráno dostatečné množství odpovědí. Pokud by totiž dotazníky byli šířeni v rámci jednoho příspěvku pouze umístěny pod sebou, málokterá osoba by otevřela oba odkazy a oba poctivě vyplnila. Ty osoby, které by tak skutečně učinily by opět zase mohly nabýt dojmu, že vyplňují jeden dlouhý dotazník, který navíc musí otvírat nadvakrát. Jediná možnost a smysl by dal systém šíření pouze jednoho z dotazníků v rámci jednoho kanálu/příspěvku. To by ale zcela nepochybně vedlo k velkému zmenšení počtu celkových odpovědí.

Analýzy zkoumání toho, jak respondenti došli k odpovědím na úkoly se vztahují pouze k eye-trackingové části uživatelského testování, jelikož z výsledků dotazníkového šetření tento způsob nijak vyčíst nejde. Zpětně se nabízí možnost na závěr podobných dotazníků přidat otázku s dotazem na to, aby respondenti charakterizovali způsob, jakým úkoly řešili. Buď formou uzavřených odpovědí s několika navrženými možnostmi (odpočítání od nejsvětějšího/nejtmaššího odstínu v mapě, porovnávání barevného odstínu v mapě s odstíny v legendě) a možností odpovědět i formou „jiné“, nebo zcela otevřenou otázkou, kde by respondenti psanou formou sami vepsali, jak při testování postupovali. Otevřená forma by byla těžší na vyhodnocování, ale zároveň by dokázala respondentům poskytnout možnost do detailu popsat jejich postup při vyplňování otázek na barevné stupnice. Existence této otázky by ale již tak dlouhý dotazník opět prodloužila a je pravděpodobné, že by ji část respondentů nechala nevyplněnou. Velké množství osob také skončilo s vyplňováním už v půlce dotazníku (po otázkách na červenou stupnici), tudíž by se k otázce na způsob vyplňování ani nedostali.

Většina grafických výstupů a analýz byla provedena na agregovaných datech. Často byly prezentovány průměrné hodnoty za větší skupinu respondentů (kartografů nebo nekartografů) nebo dvou mapových variant jednoho barevného odstínu. Tato forma agregace dat byla provedena z důvodu lepší vizualizace trendů v datech. Sledování vzorů sledování testovaných stimulů za každý stimul a každého respondenta by při počtu 52 participantů a 50 map nebyl realistický. Kromě klasických vizualizací pomocí sloupcových, spojnicových a krabicových grafů a statistických charakteristik, byla v práci používána Shiny aplikace *eyetRack*. V největší frekvenci s ní bylo pracováno po dobu dvou měsíců, přičemž se několikrát stalo, že došlo k dočasnému přetížení a na nějakou dobu byla aplikace nefunkční. Stalo se tak hlavně při používání RQA (rekurentní kvantifikační analýza) se zahrnutím velkého množství respondentů najednou. Při delší práci s *eyetRack* aplikací a jejímu následnému chvilkovému nepoužívání došlo k odpojení aplikace od serveru. Poté bylo nutné aplikaci znovu spustit a opětovně nastavit do předcházejícího stavu. Tato skutečnost byla nejvíce dotěrná v momentě, kdy se pracovalo s konkrétním nastavením analýzy, při velkém počtu specificky zvolených respondentů a například i konkrétně navolených barvách. Mimo tohoto problému a jedné nepříjemnosti aplikace fungovala bez problému a naprosto vyhovovala potřebám analýz dat a cílům práce.

11 ZÁVĚR

V diplomové práci byly s pomocí dvou metod uživatelského testování, dotazníkové šetření a eye-tracking experimentu otestovány dvě vybrané barevné stupnice z online nástroje ColorBrewer 2.0. Z tohoto zdroje byla vybrána červená a zelená stupnice, obě v rozmezí od pěti až do devíti intervalů. V dotazníkovém šetření vyšla chybovost zelené stupnice 16 %. U červené stupnice dosahovala celková chybovost 10 %. V eye-tracking experimentu byla použita pouze stupnice červená, která byla testována na dvojím provedení map. Její souhrnná chybovost je osmiprocentní, u kartografů byla 7,5 % a nekartografů 8,5 %.

V práci se prokázalo, že u barevných stupnic opravdu s rostoucím počtem intervalů na stupnici roste i chybovost respondentů, avšak v případě eye-tracking testování byla výjimka v případě osmi a devíti intervalové červené stupnice. Při sledování rozdílu chybovosti v odstínech stupnic mezi kartografy a nekartografy se potvrdilo, že více chybovat budou nekartografové, avšak rozdíl v procentuálních hodnotách nebyl vůbec výrazný. Celková chybovost v eye-tracking testování byla u kartografů pouze o jedno procento lepší. Co se času potřebného na správné zodpovězení položených otázek týče, tvrzení, že nekartografové budou potřebovat více času, bylo vyvráceno. Kartograficky vzdělaní jedinci potřebovali v průměru o sekundu delší čas na zodpovězení každého testovaného odstínu. Při vyhodnocování dat z eye-trackingové části testování se také prokázalo, že správnost odpovědí při identifikaci barevných odstínů opravdu záleží na konkrétní mapě, na které jsou stupnice vizualizovány.

Při analýzách způsobu toho, jak dvě skupiny respondentů odpovídají na pokládané otázky nebylo dosaženo jednotně platného výsledku. Z absolutních hodnot fixací v různých oblastech testovaných stimulů bylo zjištěno, že více kartografů pravděpodobně používá při identifikaci metodu odpočítávání barevných odstínů než respondentů bez kartografického vzdělání. Určitě ale nejde tvrdit, že tuto metodu používala valná většina kartografů a zároveň bylo zjištěno, že nepoužívání této metody v konečném důsledku automaticky neznamená špatnou odpověď.

Pokročilé analýzy byly zpracovány s použitím Shiny aplikace eyetRack, která nabízela odbornější analýzy pro zpracování eye-trackerem naměřená data. Její použití se při práci osvědčilo. Aplikace určitě není vytvořena pro nekonečně velký objem dat, jelikož má určitá serverová omezení. Což není myšleno ve smyslu, že by aplikace nenačetla velké množství dat, ale zcela jistě nepokryje poptávku po velkém množství analýz, které se s velkým objemem dat pojí. Již při objemu dat od 52 respondentů na celkem 50 testovaných stimulech byly zaznamenány určité výpadky v její dostupnosti.

Shrnutí a doporučení toho, jak používat kvantitativní barevné stupnice v kartografických dílech z hlediska cílové skupiny a charakteristiky map není jednoznačné. Realističtější pohled na to, jak dobře jsou širokou veřejností čteny barevné stupnice poskytuje realizované dotazníkové šetření. Je to z důvodu, že dotazník respondenti řešili v různých podmínkách na různých zařízeních, čímž více reflektují realitu toho, jak jsou mapy v médiích a ve světě obecně opravdu přijímány. Doporučení horního omezení počtu používaných barevných odstínů na stupnici se nemusí lišit podle toho, zda mapu čtou pouze kartografové či nikoli. Co se času potřebného pro správné identifikování týče, obě skupiny respondentů (v eye-tracking výzkumu) přečetly mapy velmi podobně rychle. Zcela bezpochyby se musí lišit množství použitých intervalů ve stupnici při mapě, kterou uživatel uvidí například na billboardu u cesty, v televizní reklamě nebo tištěnou v novinách. Lze říci, že mapy s pěti intervaly dokáží uživatelé identifikovat bez problému. Dobře interpretovatelné jsou ještě i stupnice se šesti a sedmi intervaly. Stupnice osmi- a devítiintervalové vyšly v rámci dotazníkového šetření už s velkou chybovostí. Je zcela

na místě tvrdit, že jakékoli kvantitativní stupnice s více než devíti barevnými intervaly by při použití v mapě ztrácely pro respondenty smysl. Zároveň je ale důležité vědomí toho, že barevné stupnice v mapách mají nejen funkci možnosti identifikovat konkrétní číselný interval vizualizovaného jevu, ale spíše funkci vidět prostorovou různorodost jevu, kterou použité barvy v mapě podtrhují.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ANDERSON, Nicola C., Walter F. BISCHOF, Kaitlin E.W. LAIDLAW, Evan F. RISKO a Alan KINGSTONE, 2013. Recurrence quantification analysis of eye movements. *Behavior Research Methods* [online]. **45**(3), 842–856. ISSN 1554351X. Dostupné z: doi:10.3758/s13428-012-0299-5

BLÁHA, Jan, 2006. Barva jako nosič kartografické informace. In: .

BREWER, Cynthia A, 1994. Color Use Guidelines for Mapping and Visualization. In: ALAN M MACEACHREN a D R FRASER B T - *Modern Cartography Series* TAYLOR, ed. *Visualization in Modern Cartography* [online]. B.m.: Academic Press, s. 123–147. ISBN 1363-0814. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-08-042415-6.50014-4

BROŽKOVÁ, I, 1983. *Dobrodružství barvy* [online]. B.m.: Státní pedagogické nakladatelství. Pomocné knihy pro žáky. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=v5_btgAACAAJ

BRYCHTOVÁ, Alžběta, 2015. *Barevná vzdálenost v kartografii* [online]. B.m. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: <https://theses.cz/id/uza4i6/>

BRYCHTOVA, Alzbeta a Arzu COLTEKIN, 2016. An Empirical User Study for Measuring the Influence of Colour Distance and Font Size in Map Reading Using Eye Tracking. *The Cartographic Journal* [online]. **53**(3), 202–212. ISSN 0008-7041. Dostupné z: doi:10.1179/1743277414Y.0000000103

BRYCHTOVÁ, Alžběta a Alena VONDRÁKOVÁ, 2014. GREEN VERSUS RED: EYE-TRACKING EVALUATION OF SEQUENTIAL COLOUR SCHEMES. In: *SGEM* [online]. s. 8. Dostupné z: doi:10.5593/SGEM2014/B23/S11.082

COLORLITE LTD., 2024. *Colorlite* [online] [vid. 2024-04-18]. Dostupné z: <https://www.colorlitelens.com/>

DE KLOE, Yentl J R, Ignace T C HOOGE, Chantal KEMNER, Diederick C NIEHORSTER, Marcus NYSTRÖM a Roy S HESSELS, 2022. Replacing eye trackers in ongoing studies: A comparison of eye-tracking data quality between the Tobii Pro TX300 and the Tobii Pro Spectrum. *Infancy* [online]. **27**(1), 25–45. ISSN 1525-0008. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1111/infa.12441

DOBEŠOVÁ, Z, 2022. *ORANGE: Praktický návod do cvičení předmětu Data mining* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024460864. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=q3dkEAAAQBAJ>

DUCHOWSKI, Andrew, 2007. Eye tracking techniques. In: *Eye tracking methodology: Theory and practice* [online]. s. 51–59. Dostupné z: <http://www.metrovision.fr>

DYLEVSKÝ, Ivan, 2005. *Barvy, barevné vnímání a koloroterapie*. 2005. B.m.: Kontakt.

HÁJKOVÁ, Lenka, Vít VOŽENÍLEK a Radim TOLASZ, 2012. *Atlas fenologických poměrů Česka*. první. B.m.: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-98-8.

HARROWER, Mark a Cynthia A BREWER, 2003. ColorBrewer.org: An Online Tool for Selecting Colour Schemes for Maps. *The Cartographic Journal* [online]. **40**(1), 27–37. ISSN 0008-7041. Dostupné z: doi:10.1179/000870403235002042

HOHNOVÁ, Andrea, 2016. *Tvorba barevných stupnic podle stylu map* [online]. B.m. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/hohnova16/pdf/BC_Hohnova.pdf

KALABUSOVÁ, Veronika, 2022. Zpracování eye-tracking dat v R.

KITCHIN, Rob a Scott FREUNDSCHUH, 2000. *Cognitive Mapping: Past, Present and Future* [online]. ISBN 9781315812281. Dostupné z: doi:10.4324/9781315812281

KOLEKTIV AUTORŮ, 2009. *Atlas krajiny České republiky*. first. Praha: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. ISBN 978-80-85116-59-5.

KREJTZ, Krzysztof, Arzu ÇÖLTEKIN, Andrew T. DUCHOWSKI a Anna NIEDZIELSKA, 2017. Using coefficient K to distinguish ambient/focal visual attention during cartographic tasks. *Journal of Eye Movement Research* [online]. **10**(2), 1–13. ISSN 19958692. Dostupné z: doi:10.16910/jemr.10.2.3

- LACHOVÁ, Veronika, 2021. *Kvalita barevných stupnic atlasu krajiny* ČR. B.m. b.n.
- MAHDALOVÁ, Kateřina, 2021. Data, jak se šíří virus. Unikátní mapa všech obcí v Česku. *Seznam Zprávy* [online]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/unikatni-mapa-vsech-obci-v-cesku-kde-se-prave-ved-siri-koronavirus-124624>
- MAHDALOVÁ, Kateřina, 2024. Souvislost s penězi je jasná. Data ukazují, kde drímají voliči extremistů a populistů. *Seznam Zprávy* [online]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/fakta-data-o-exekucich-odhaluji-kde-drimaji-volici-extremistu-a-populistu-244566>
- MUSILOVÁ, Barbora, 2012. *Vnímání barevných stupnic v tematické kartografii* [online]. B.m. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/7135/1/Bakalarka.pdf>
- PELE, Ofir a Michael WERMAN, 2012. Improving Perceptual Color Difference using Basic Color Terms [online]. 14. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.48550/arXiv.1211.5556](https://doi.org/10.48550/arXiv.1211.5556)
- PETCHENIK, Barbara Bartz, 1977. Cognition In Cartography. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*. **14**, 117–128.
- POPELKA, Stanislav, 2018. *EYE-TRACKING (NEJEN) V KOGNITIVNÍ KARTOGRAFII* [online] [online]. 2018. Dostupné z: <https://theses.cz/id/ve7g7h/>
- POPELKA, Stanislav, Aleš VÁVRA a Alžběta BRYCHTOVÁ, 2014. EYE - TRACKING HODNOCENÍ FENOLOGICKÝCH MAP. *AKTIVITY V KARTOGRAFII*.
- ROHRER, Christian, 2014. When to Use Which User-Experience Research Methods. *Nielsen Norman Group* [online]. 1–7. Dostupné z: <http://www.nngroup.com/articles/which-ux-research-methods/>
- SLÁDEK, Petr, 2015. *Vnímání barev* [online]. B.m. Masarykova univerzita v Brně. Dostupné z: <https://educoland.muni.cz/down-86/>
- SOFAER, Shoshanna, 1999. Qualitative methods: what are they and why use them? *Health Serv Res*. [online]. **34**(5), 1101–1118. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1089055/pdf/hsresearch00022-0025.pdf>
- ŠTĚRBA, Zbyněk, Čeněk ŠAŠINKA, Zdeněk STACHOŇ, Radim ŠTAMPACH a Kamil MORONG, 2015. *Selected Issues of Experimental Testing in Cartography* [online]. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-7893-2. Dostupné z: [doi:10.5817/CZ.MUNI.M210-7893-2015](https://doi.org/10.5817/CZ.MUNI.M210-7893-2015)
- TOLMAN, Edward C., 1948. Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review* [online]. **55**(4), 189–208. ISSN 0033295X. Dostupné z: [doi:10.1037/h0061626](https://doi.org/10.1037/h0061626)
- VOŽENÍLEK, Vít, 2002. Zásady tvorby mapových výstupů. *Ostrava, Univerzita Palackého v Olomouci, přírodovědecká fakulta*. **42**.
- VOŽENÍLEK, Vít a Jaromír KAŇOK, 2011. *Metody tematické kartografie - Vizualizace prostorových jevů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024427904.
- YOUNG, Laurence R a David SHEENA, 1975. *Eye-movement measurement techniques*. [online]. 1975. US: American Psychological Association. ISBN 1935-990X(Electronic),0003-066X(Print). Dostupné z: [doi:10.1037/0003-066X.30.3.315](https://doi.org/10.1037/0003-066X.30.3.315)

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1 Poster

Popis struktury odevzdávaných digitálních dat na datové úložiště katedry

Adresáře:

Poster

PDF

Testovane_Stimuly

Cervena_StupniceJV

PNG

Cervena_StupniceSV

PNG

Zelena_Stupnice

PNG

Text_Prace

PDF, Word

Vystupni_Data

Dotaznik

AllData - XLSX

Eye-tracking_Experiment

AllData - XLSX, TSV

AllDataUpravena - XLSX

eyetRack

AllData_eyetRack - TXT

AmbientFocalAttention - XLSX

RecurrenceAnalysis - XLSX

WEB

vitkova24 - ZIP