

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**UŽIVATELSKÉ TESTOVÁNÍ A OPTIMALIZACE
VIZUALIZACÍ NEJISTOTY PROSTOROVÝCH
DAT**

Magisterská práce

Bc. Michal KUČERA

Vedoucí práce RNDr. Jan BRUS, Ph.D.

Olomouc 2016

Geoinformatika

ANOTACE

Práce je zaměřená na problematiku znázornění kvality prostorových dat. Hlavním cílem je provedení uživatelského testování a následně optimalizace vzniklých a nově vytvořených vizualizací. Součástí práce jsou sestavené kartografické znakové sady vhodné pro znázornění nejistoty. Také dochází k posouzení způsobu provedení mapové kompozice, především podoby legendy. Pro vyhodnocení vhodnosti navržených řešení došlo k provedení uživatelského testování ve formě dotazníkové šetření a eye-tracking experimentu. Výsledky obsahují vyhodnocení parametru vnímané vhodnosti a kognitivních metrik. Na základě nich jsou doporučeny nejvhodnější metody a způsoby provedení map pro znázornění nejistoty s kladeným důrazem na intuitivnost. Také dochází ke shrnutí závěrů studií, které se danou problematikou doposud zabývaly.

KLÍČOVÁ SLOVA

nejistota; kartografie; kvalita; vizualizace

Počet stran práce: 56

Počet příloh: 4 (z toho 2 volné a 1 elektronická)

ANOTATION

This thesis is focused on quality issues of spatial data. The primary objective is user testing and consecutive optimization of newly created visualization for expression of uncertainty.

The another content of the thesis are newly created cartography symbols for visualization of uncertainty. Map styles were also analysed, focusing on legend's form. For evaluation of the appropriateness for the proposed methods were used the user's testing, in form of the questionnaire and eye-tracking experiment.

The results contain evaluated parameters based on user's sensational suitability a cognitive metrics. Based on these, the optimal methods and map's styles for visualization of uncertainty were selected considering the intuitiveness.

Also, the thesis summary the results of the studies engaging this matter.

KEYWORDS

uncertainty; cartography; quality; visualization

Number of pages: 56

Number of appendixes: 4

Prohlašuji, že

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

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

- беру на вѣдомі, że Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

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

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

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

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

V Olomouci dne 1. 5. 2016

.....
podpis autora

Poděkování patří především vedoucímu této diplomové práce RNDr. Janu BRUSOVI Ph.D., za rady a podněty, které významně pomohly k jejímu dokončení. Dále pak specialistovi na eye-tracking technologii Mgr. Stanislavu POPELKOVÍ Ph.D., který pomohl právě v oblasti analýzy kognice.

Děkuji také všem respondentům, kteří se zúčastnili samotného testování.

Vložený originál **zadání** bakalářské/magisterské práce (s podpisy vedoucího katedry, vedoucího práce a razítkem katedry). Ve druhém výtisku práce je vevázána fotokopie zadání.

Zde je konec prvního oddílu, kde není číslování stránek. Následující strana patří již do druhého oddílu, který má nastaveno číslování stránek.

OBSAH

ÚVOD	8
1 CÍLE PRÁCE	9
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	10
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
3.1 Kvalita prostorových dat a nejistota	13
3.1.1 Vizuální znázornění nejistoty prostorových dat	13
3.1.2 Studie nejistoty prostorových dat	14
3.2 Kvalita prostorových dat	18
3.3 Eye-tracking	19
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	21
4.1 Sestavení znakového klíče	21
4.2 Dotazníkové šetření.....	23
4.3 Eye-tracking experiment	24
5 VÝSLEDKY.....	31
5.1 Dotazníkové šetření.....	31
5.2 Eye-tracking experiment	35
5.2.1 Bodové znaky	35
5.2.2 Bodové znaky – časová a polohová přesnost	42
5.2.3 Liniové znaky	46
5.2.4 Plošné znaky	53
5.2.5 Legenda pro vyjádření nejistoty	57
5.2.6 Rozdíl mezi respondenty podle vzdělání	58
6 DISKUZE	63
7 ZÁVĚR.....	64
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
PŘÍLOHY	



ÚVOD

Pro všechna data je důležitým charakteristickým ukazatelem jejich kvalita. Její úroveň závisí na mnoha faktorech. Může být negativně ovlivněna již při samotném sběru dat zvolením například nevhodného postupu, záznamového zařízení a podobně. Nevhodný výběr metody zpracování může vést opět k její degradaci, k tomu však může dojít i při závěrečné nevhodné interpretaci. Nízká kvalita může významně ovlivnit výsledky analýz a závěry na nich založené.

Výsledná úroveň kvality dat je určena na základě posouzení jejich komponent, například polohové, časové nebo atributové přesnosti. Při práci s daty je vždy nutné přihlídnout k účelu, pro jaký mají být použita a podle toho provést analýzu konkrétních komponent. Kvalita dat v současnosti nabývá na významu a měla by být uváděna v metadatových informacích. Její znalost umožňuje především znovuvyužití datových souborů pro další účely, než pouze pro jaký byly pořízeny. Dokumentaci kvality dat definuje mnoho standardů a norem, těmi nejvýznamnějšími jsou INSPIRE, OGC a ISO.

Často s kvalitou zaměňovaným pojmem je nejistota. Jedná se však o vlastnost dat, která umožňuje stanovit právě jejich kvalitu. Do procesu práce s daty může být zavedena v kterékoliv fázi.

Pro pojem nejistota v současné době existuje velké množství definic, ty se mnohdy vzájemně rozcházejí a to především mezi různými vědními obory. Z tohoto důvodu může často docházet k názorovému rozkolu. Obecně lze tento pojem definovat jako nedokonalost znalostí uživatelů o údajích, procesech nebo výsledcích (Brus, 2014). Mezi nejčastěji používaná synonyma patří neznalost, nespolehlivost, pochybnost, nedostatek spolehlivosti a další. Velkým problémem se stává překlad textů z cizích jazyků, kdy například angličtina shrnuje všechny tyto pojmy pod ekvivalent „uncertainty“.

Veškerá data v sobě obsahují jistou míru nejistoty. Ta vychází ze samotné podstaty rozhodovacího procesu, kdy pro dosažení stanoveného výsledku je nutné využít vědomosti, zdroje a pravidla. Avšak již v nich může být obsažena jistá míra nejistoty nebo nedostatečná dokonalost informace. Ta ve výsledku způsobí právě nejistý výsledek.

V současné době existuje řada teorií, které pracují s nejistým typem informace. Řadí se mezi ně teorie umělých neuronových sítí, fuzzy množin, deterministického chaosu a pravděpodobnosti. Také ji lze nalézt ve fyzikálním pojmu entropie. Ta sleduje míru neuspořádanosti zkoumaného systému a právě tuto míru si lze představit jako nejistotu.

V kartografických vizualizacích dochází k vyjádření přesných a pevně lokalizovaných jevů. Používané znaky tedy ve většině případů postrádají parametry pro vyjádření jevů nejistých. Díky tomu mapy nepodávají vždy objektivní obraz znázorňovaného jevu, protože ten není možné pomocí běžně používaných technik vyjádřit. Tuto skutečnost si uvědomila řada akademiků a začala se touto problematikou zabývat. Jedná se především o MacEachrena, Bruse, Kubička a další. Ve většině případů navrhli znaky, které pomocí svého proměnného parametru znázorňují právě obsaženou míru nejistoty, tím je nejčastěji průhlednost, změna tvaru, barvy nebo struktury. Avšak pro hodnocení kvality znaků v praktickém použití se často spokojili s uživatelským testováním ve formě dotazníku. Jen ve velice nízkém počtu případů došlo k využití technologie eye-tracking, která je schopna podat objektivní informace o způsobu práce se znaky pomocí analýzy metrik kognice.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je provedení uživatelského testování a následné optimalizace vzniklých a nově vytvořených vizualizací kvality prostorových dat. Pro jeho dosažení je nutné nejprve sestavit grafické podoby znaků, které by byly vhodné ke znázornění vybraných elementů kvality prostorových dat. Pro možnost vyjádření více druhů dat, je nutné vytvořit tyto znaky ve všech variantách, které se v kartografii využívají, tedy bodové, liniové a plošné. U jejich návrhu je důležité zajistit vysokou míru intuitivnosti, která patří mezi hlavní kritéria pro návrh kvalitních znaků. Jejich podoba by také měla umožnit široké uplatnění, výjimku tvoří pouze skupina určená pro specifický typ časové a polohové přesnosti. Tyto znaky by měly ve čtenáři svým grafickým ztvárněním okamžitě evokovat souvislost s časem a prostorem. Díky tomu dojde k jejich rychlé a správné interpretaci. Také mohou sloužit jako doplňková informace univerzálně navržených znaků, kdy dojde k vyjádření jak globální míry nejistoty, tak úrovně jejího specifického typu.

Pro zajištění podpory správného vyhodnocení znakových sad uživateli, je nutné do mapové kompozice umístit legendu v takovém provedení, které je vhodné pro znázornění základní informace v kombinaci s úrovní její kvality. Podoba legendy může v některých případech výrazně ovlivnit správnost a rychlost vyhodnocení znaků. Proto jednotlivé sestavené vizualizace budou obsahovat její různé varianty a dojde k posouzení vlivu provedení, jak na samotný průběh čtení mapy, tak na správnost získaných informací.

Vhodnost navržených znaků a typů legend bude analyzována pomocí eye-tracking experimentu a dotazníkové šetření. Díky kombinaci těchto dvou metod uživatelského testování dojde k získání komplexního výsledku založeném jak na pocitovém působení znaků, tak zároveň na jejich projevu v parametrech kognice.

Cílem práce je také primárně ověřit vhodnost vytvořených a navržených vizualizací pro dané úlohy a tyto vizualizace následně optimalizovat s ohledem na výsledky uživatelského testování. Dojde tedy k sestavení mapových kompozic, které budou doplněny úkoly s nepřímým zakomponováním dotazu na míru nejistoty. Respondenti pro jejich vyřešení budou muset získat informace z mapy a na základě nich provést rozhodnutí. Dojde tak k vyhodnocení vlivu různých způsobů provedení, především na rychlost a správnost těchto výsledků.

Hlavním přínosem práce bude grafický návrh a doporučení pro sestavení mapových znaků určených pro znázornění kvality prostorových dat. Díky provedenému testování bude zaručena jejich správná a rychlá interpretace současně se zajištěním jejich kladného pocitového vnímání mezi uživateli. Na základě obsažených doporučení pro tvorbu znaků bude možné vytvořit vlastní podoby znaků pro konkrétní účel.

Dojde k popsání vlivu provedení legendy a sestavené mapové kompozice na proces získávání informace. S využitím těchto znalostí bude možné sestavit nejvhodnější podobu mapy pro vyjádření nejistoty tak, aby dokonale plnila svůj účel. Pozornost bude věnována i možnostem současného vyjádření více jevů pomocí stejné znakové sady.

Vliv všech parametrů bude vyhodnocen na skupinách respondentů s kartografickým vzděláním a bez něj. Díky tomu dojde k posouzení jak odborníky, kteří dané problematice rozumí, tak zároveň laiky, u kterých dosažení dobrých výsledků zajistí možnost použití navržených znaků v širokém spektru uživatelů.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Použité metody

Během práce nejprve došlo k sestavení znakových sad vhodných pro znázornění nejistoty. Tyto znaky byly navrženy s důrazem na intuitivní grafické provedení. Jejich návrh byl také založen na studiích, které se danou problematikou zabývaly. Především to byla práce, kterou provedl Brus (2014) a MacEachren a kol. (2012) a Berjawi a kol. (2014).

Tato práce ve vysoké míře využívá analýzu kognice, která podává informace o způsobu práce s mapou a vlivu jejího provedení na proces čtení mapy. K jejímu vyhodnocení bylo využito metod, které poskytuje současný eye-tracking software. Kromě vizuálních podob ve formě Heat Map, Scanpath a podobně, se jedná především o zpracování metrik charakterizujících lidský pohled. V této práci především doby sledování stimulu, počtu zaznamenaných fixací a délky oční trajektorie. Samotné sestavení experimentu, jeho provedení a zpracování dat bylo provedeno na základě poznatků práce Popelky (2015), který se na eye-tracking technologii specializuje a to především na její využití v oblasti kartografie. Získaná data z eye-tracking experimentu byla dále zpracována pomocí statistického softwaru, ve kterém byl proveden dvouvýběrový Wilcoxonův test. Ten slouží k rozeznání statisticky významného rozdílu mezi dvěma datovými soubory, v této práci se jednalo o skupiny respondentů s odlišným vzděláním. Tyto skupiny byly dále podrobeny analýze metodou Loci similarity a Sequence similarity. Ty porovnávají jednotlivé řetězce znaků, které odpovídají místům na stimulu, kterým respondent věnoval pozornost, a hledají mezi nimi podobnost. U první metody výsledek nezávisí na pořadí znaků v řetězci. Není tedy důležitá posloupnost míst podle toho, jak byla navštívena, ale pouze zda se tak stalo či nikoliv. Druhá metoda pak vyhodnocuje i pořadí navštívení jednotlivých míst.

Kromě dat popisující kognici byly získány hodnoty vnímané vhodnosti navržených znakových sad pro potřebu znázornění nejistoty. Jejich vyhodnocení proběhlo na základě statistických parametrů jako je aritmetický průměr, medián, kvartil a rozložení hodnot.

Použitá data

Většina dat, která tato práce využívá, byla sestavena nebo naměřena v rámci jejího zpracování. Výjimku tvoří pouze návrhy plošných znakových sad použitých v rámci dotazníkového šetření, které sestavil Brus (2014). Dále bylo využito podkladových map, které pocházely ze serveru Mapy.cz a Maps.google.com. Konkrétně se jednalo o historickou mapu z 19. století a aktuální ortofoto snímek znázorňující území České republiky.

Použité programy

K návrhu znakových sad a sestavení mapových kompozic bylo využito softwaru Corel Draw X7 a Adobe Photoshop CS5. První je především specializovaný na vektorovou grafiku a druhý na rastrovou. U plošných metod bylo nejprve nutné vytvořit náhodně vygenerovaný rastr, pro tento úkol byl použit program ArcGIS for Desktop 10.3. Ten byl dále upraven a pomocí aplikace grafických efektů na něm došlo ke znázornění nejistoty v Adobe Illustrator CS6.

Pro vytvoření dotazníku a následné získání dat bylo využito prostředí Google Forms. Jeho výhodou je snadné šíření v prostředí internetu a z toho plynoucí snadné oslovení širokého spektra respondentů.

Pro získání eye-tracking dat bylo nutné nejprve sestavit experiment, pro tento účel a následné naměření dat byl zvolen produkt společnosti SMI Experiment Center 3.6. Analýza naměřených dat byla provedena v softwaru SMI BeeGaze 3.6 a OGAMA 5. Aby bylo možné naměřená data importovat do druhého jmenováno programu, bylo nutné provést nejprve jejich konverzi do podporovaného formátu. Tento převod byl uskutečněn pomocí online nástroje Katedry geoinformatiky SMI2OGAMA. Statistické zpracování dat bylo provedeno v softwaru RSTUDIO 0.99 a Microsoft Excel 2013. Pro vizualizaci výsledků Sequence similarity byl použit online nástroj ScanGraph 0.9.

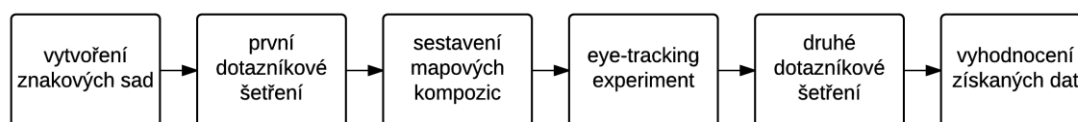
Postup zpracování

Postup zpracování lze rozdělit do dvou základních částí. V první došlo k návrhu znakových sad vhodných pro znázornění kvality prostorových dat s důrazem na intuitivnost. Tento návrh byl proveden v návaznosti na již existující studie, jednalo se především o práce Bruse (2014) a MacEachrena (2012). Znaky byly vytvořeny ve vektorové podobě v programu Corel Draw X7, to především z důvodu jejich možného použití v různých velikostech bez ztráty kvality. V další části byly následně umístěny do dotazníku vytvořeném v prostředí Google Forms. Jeho úkolem byla získat informace o jejich působení na případné budoucí uživatele. Ti jednotlivé sady hodnotili pomocí hodnot 1 až 7, kdy vyšší hodnota odpovídala větší vnímané vhodnosti pro znázornění nejistoty.

Na základě těchto informací došlo k selekci nejlépe hodnocených sad, které byly vhodně doplněny i hůře hodnocenými pro ověření výsledku. A ty byly následně umístěny do mapových kompozic. Z těchto kompozic byl sestaven eye-tracking experiment, který měl za cíl ověřit, zda tyto znaky je možné použít pro znázornění nejistoty. Hlavními sledovanými metrikami byla správnost a rychlost jejich interpretace.

Jednotlivé stimuly byly doplněny otázkami, které v sobě zahrnovaly nepřímý dotaz na míru nejistoty. Tento krok byl zvolen z důvodu, aby respondenti pouze automatizovaně nevybírali znaky s nejnižší mírou nejistoty, ale museli obsah mapy vyhodnotit a kvalitu informace zahrnout do rozhodovacího procesu.

Pro získání maximálního množství dat, které by bylo možné využít pro posouzení možného využití znaků v praxi, došlo i k sestavení map s více jevy. Ty měly odhalit případné problémy při znázornění více jevů pomocí jednoho typu znaků. Mapové kompozice využívaly dvě různé varianty provedení legendy přizpůsobené pro účel znázornění nejistoty. Cílem bylo určit, který způsob se jeví jako vhodnější.



Obr. 2.1 Diagram znázorňující dílčí kroky zpracování práce

Základ trialů s plošnými znaky tvořil rastr vytvořený v programu ArcGIS for Desktop. K interpolaci byla využita metoda ordinary kriging. Jako její vstupní data byly vybrány náhodně sestavené body nesoucí informaci o teplotě. Hodnoty byly určeny náhodně, ale se snahou vystihnout reálnou situaci. K tomuto kroku bylo možné přikročit proto,

že posuzovaným parametrem byla především míra nejistoty v jednotlivých částech rastru, nikoliv samotné hodnoty. K vytvoření zón míry nejistoty byla použita extenze ArcGIS Geostatistical Analyst. Její funkce spočívá ve vyhodnocení odmocniny z rozptylu krigingu, který charakterizuje chybu odhadu v daném bodě. Tato chyba závisí prostřednictvím variogramu na vzdálenosti mezi odhadovaným bodem a měřenými hodnotami a na jejich konfiguraci (Ježek, 2015). Tyto zóny byly využity k rozčlenění základního rastru do kategorií s odpovídající mírou obsažené nejistoty. V programu Adobe Illustrator CS6 byly graficky upraveny do podoby navržené znakové sady.

Sestavení experimentu a jeho provedení bylo realizováno v SMI Experiment Center 3.6. Celkem se ho zúčastnilo 45 osob, ale v některých případech došlo k nízké kvalitě záznamu (*Tracking Ration*), pro kterou byla hranice stanovena na 95 %. Proto bylo vybráno pouze 40 nejlepších, z toho 20 kartografů a 20 kartografických laiků. Tato struktura byla zvolena z důvodu možnosti vyhodnocení vlivu tohoto vzdělání na proces čtení mapy. Záznam dat byl proveden pomocí zařízení SMI RED 250 se vzorkovací frekvencí 250 Hz. Rozlišení trialů bylo 1 920 x 1 200 px.

Každý respondent byl po absolvování testování podroben druhému dotazníkovému šetření, ve kterém byly obsaženy znaky z eye-tracking experimentu s ukázkou výřezu mapy, která je obsahovala. Pokud byla znaková sada vyhotovena s různými variantami legendy, byly hodnoceny všechny provedení. Úkolem bylo opět hodnotit vnímanou vhodnost konkrétní sady pro vyjádření nejistoty, avšak již se zkušenosti s jejím použitím a také znalostí její podoby v mapě. Zde nastává významný rozdíl ve srovnání s prvním dotazníkovým šetřením, kde byly znaky umístěny na bílém podkladu, tedy v ideálním prostředí. Nedocházelo tak k jejich ovlivnění podkladem a případnému potlačení proměnného parametru znaku určujícího míru nejistoty. Dotazník byl opět vyhotoven v prostředí Google Forms.

Naměřená eye-tracking data byla následně vyexportována pomocí softwaru SMI BeeGaze. V něm by bylo možné provést i jejich vyhodnocení, ale pro tento účel byl vybrán open source program OGAMA. To především z důvodu autorovy zkušenosti s jeho použitím a také v něm obsažených funkcí, které řešení SMI nenabízí. Před importem dat bylo nutné nejprve provést jejich konverzi do formátu podporovaného programem OGAMA. Pro tento krok byl použit online nástroj OGAMA2SMI vyvíjený Katedrou geoinformatiky v Olomouci.

Vyhodnocení v programu OGAMA spočívalo především v analýze doby strávené respondenty v jednotlivých částech trialu pomocí definovaných oblastí zájmu. Dále byly pomocí statistického modulu vypočítány kognitivní metriky, které byly následně vyhodnoceny v programu RSTUDIO a Microsoft Excel.

V průběhu této části práce bylo zjištěno, že software OGAMA nedokáže zpracovat data obsahující záznamy o kliknutích tlačítkem myši v jednotlivých částech trialu. Tyto kliky odpovídaly odpovědím respondentů na otázky položené během experimentu. Z tohoto důvodu byl pro tento úkol využit program SMI BeeGaze.

Posouzení jednotlivých znakových sad bylo provedeno na základě statistických parametrů, jako je aritmetický průměr, medián, kvartil nebo rozložení hodnot. Ve všech případech došlo k posouzení charakteru datového souboru a určení nejvhodnějšího z nich. Míra podobnosti mezi skupinami respondentů byla stanovena pomocí metody Loci a Sequence similarity provedené v modulu Scanpaths programu OGAMA. A také pomocí dvouvýběrového Wilcoxonova testu, který slouží k nalezení statisticky významného rozdílu mezi dvěma datovými soubory. Tento rozdíl byl hledán v parametrech doby sledování stimulu, počtu fixací a délce oční trajektorie a to vždy pro skupiny trialů se stejným typem znaků. Test byl proveden v programu RSTUDIO.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Kvalita prostorových dat a nejistota

Data lze definovat jako reprezentaci skutečností, pojmů nebo instrukcí ve formalizované podobě vhodné pro komunikaci, interpretaci a zpracování lidmi nebo automatickými prostředky (Rapant, 2006). Jedná se o nejnižší úroveň reprezentace skutečného světa a poznání světa v nich vykazuje nejnižší koncentraci (Rapant, 2014). Díky tomu je lze snadno přenášet a předávat.

Až po smysluplném vyhodnocení samotných dat a jejich vzájemných vztahů je možno hovořit o získání informace. Míra její přesnosti je závislá jednak na charakteru samotných dat, ale i na úspěšnosti jejich interpretačního procesu. Informaci lze tedy definovat jako proces, ve kterém dochází k přiřazení významu datům.

Nejistota dat je pojem, pro který v současnosti existuje široké množství definic. Ty se však často rozcházejí, protože jednotlivá vědní odvětví ji chápou různě a přistupují k ní odlišnými metodikami. Obecně lze však tento pojem definovat jako nedokonalost znalostí uživatelů o údajích, procesech nebo výsledcích (Brus, 2014). Mezi nejčastěji používaná synonyma patří neznalost, nespolehlivost, pochybnost, nedostatek spolehlivosti a podobně. Velkým problémem se stává překlad textů z cizích jazyků, kdy například angličtina shrnuje všechny tyto pojmy pod ekvivalent „uncertainty“.

Veškerá data v sobě obsahují jistou míru nejistoty. Ta vychází ze samotné podstaty rozhodovacího procesu, kdy pro dosažení stanoveného výsledku je nutné využít vědomosti, zdroje a pravidla. Avšak již v nich může být obsažena jistá míra nejistoty nebo nedostatečná dokonalost informace. Tato skutečnost ve výsledku způsobí právě nejistý výsledek.

Častým důkazem výskytu nejistoty v rozhodovacím procesu je dosažení rozdílných výsledků i za předpokladu dodržení shodných podmínek a hodnot v jeho průběhu. Samozřejmě se jedná o negativní průběh a snaha je docílit zaručeného výsledku s použitím jistoty a dokonalých znalostí. Ten však v reálném světě nenastává. Důležitým kritériem pro posouzení se stává i míra nejistoty v informaci. Může se jednat o malý šum, který lze v některých případech zcela zanedbat nebo dosahuje velkých hodnot a data tak degraduje jako zcela nedůvěryhodná.

V současné době existuje řada teorií, které pracují s nejistým typem informace. Řadí se mezi ně teorie umělých neuronových sítí, fuzzy množin, deterministického chaosu a pravděpodobnosti. Také ji lze nalézt ve fyzikálním pojmu entropie. Ta sleduje míru neuspořádanosti zkoumaného systému a právě tuto míru si lze představit jako nejistotu.

3.1.1 Vizuální znázornění nejistoty prostorových dat

Problematika zabývající se vymezením oblastí s mírou nejistoty v prostoru je značně komplikovaná a jejím správným provedením se již zabývalo mnoho prací (Brus, 2013; MacEachren a kol., 2012 a další).

V prvním kroku je vždy nutné vybrat zájmové území, které bude předmětem zkoumání. Následně pak stanovit vhodná kritéria, která jsou pro mapovaný jev charakteristická a podle nichž lze následně provést prostorovou kategorizaci. V průběhu práce je možné dojít k závěru, že některé parametry jsou nedůležité či nadbytečné s minimálním vlivem na sledovaný jev a na základě toho je vyloučit. Druhou variantou

je rozšíření sledovaných vlastností o další, který mohou vést ke zvýšení vzájemné difference již vymezených zón a případně je určit vhodnějším způsobem.

Vyjádření nejistoty umožňuje příjemci informace lépe porozumět skutečnému světu a identifikovat slabiny zpracovávaných dat. Pro prostorové informace se jako nejvhodnější metoda pro vizualizaci jeví mapa. Pro její sestavení se využívá běžných kartografických metod bodových, liniových a plošných znaků. Znázornění míry nejisté informace je pak vyjádřeno pomocí proměnlivých parametrů jednotlivých znaků, např. tloušťka, velikost, tvar, výplň, průhlednost, rozostřenost. Výsledná podoba vizualizace je pak možná ve dvou formách. První zobrazuje původní data, která překrývá vrstva odpovídající míře nejistoty v jednotlivých částech. U této varianty může docházet k nepřesným interpretacím původních dat vlivem jejich degradace překryvnou vrstvou. Avšak díky ní může čtenář okamžitě rozpoznat oblast výskytu nejisté informace a vyvodit opatření. Druhá varianta obě tyto informace zobrazuje zvlášť. Identifikace míry nejistoty je díky tomu ztížena, ale nedochází k potlačení původních dat. Kromě statických forem je pro znázornění možno využít i dynamické jako je například animace.

Praktickým příkladem znázornění nejistoty v praxi může být práce Buriana, Pászta, Tučka a kolektivu, kteří se snažili definovat venkovské a městské oblasti na území České republiky. Jistá míra nejistoty procesu jejich vymezení je zakotvena již v samé definici pojmu venkov. Ta říká, že jako venkov jsou označována odlehlá osídlení a oblasti volné nezastavěné krajiny tvořící mozaiku drobnějších sídel, zemědělských a vodních ploch, ploch místních komunikací a ostatních ploch (Burian, Pászto, Tuček a kol., 2013).

Další možný způsob pro jejich vymezení je rozčlenění krajiny na základě podílu žijícího obyvatelstva na území s hustotou zalidnění menší než 100 až 150 obyvatel na km². Toto osídlení odpovídá charakteru populace studovaného státu. Opět se zde nachází nejistota z důvodu zahrnutí míst příslušících na základě administrativního členění určité obci, ale ve skutečnosti může prostor sloužit například k rekreaci a nikoliv k bydlení.

Burian a kolektiv ke stanovení prostorových struktur využili fuzzy logiku a fuzzy množiny. Tím eliminovali vymezení ostrých oblastí a zakomponovali do výsledných dat nejistotu, která je v této problematice silně zakotvena. Vizualizace výsledku pak podává objektivnější obraz sledované situace a nemystifikuje čtenáře skutečností, že dané území lze považovat za zcela homogenní k určité územní kategorii. Využití fuzzy logiky k těmto účelům se jeví jako logické, protože už její základní principy pracují s neurčitostí, vágností a nejistotou. Výsledná data pak stanovují fuzzy regiony, do kterých jsou umístěny body. Ty odpovídají jednotlivým obcím a podle jejich polohy je možné rozlišit stupeň příslušnosti do jednotlivé kategorie, tedy venkova či města. V případě, že dochází k takovému zpracování výsledných dat, tedy přiřazování jednotlivým obcím hodnoty z rozsahu 0 (nepřísluší) až 1 (přísluší) podle jejich typu. Musí být bráno na vědomí, že je takto nutné ohodnotit i veškerá kritéria, která vstupují do rozhodovacího procesu. Díky tomu se výsledek stává značně závislý na odborníkovi, který tyto hodnoty definuje.

3.1.2 Studie nejistoty prostorových dat

Návrhem a analýzou diskrétní znaků pro vyjádření nejistoty dat se zabýval MacEachren (2012). Nezaměřoval se pouze na sestavení znakové sady pro jeden konkrétní účel, ale cílem bylo navrhnout takové znaky, které by bylo možné použít v mapách, tabulkách, reportech a dalších formách v různých vědních odvětvích. Tedy

standardizovat grafickou formu vizualizace nejistoty. Základním kritériem pro návrh znakového klíče bylo vnímání míry nejistoty informace konkrétního znaku. Výsledné znaky by měly být vhodnou formou pro reprezentaci časoprostorové informace, která by člověku umožnila věrohodněji vyjádřit a následně pochopit fungování skutečného světa.

Každou geografickou informaci lze rozdělit na tři základní složky a to časovou, polohovou a atributovou. Pro každou z nich MacEachren definuje 9 typů nejistoty, to vede ve výsledku ke vzniku 27 unikátních kombinací. Konkrétně se jedná o Accuracy/error (správnost), Precision (přesnost), Completeness (úplnost), Consistency (konzistence), Lineage (rodokmen), Currency/timing (časová přesnost), Credibility (původ), Subjectivity (subjektivita) a Interrelatedness (provázanost).

Samotný návrh byl založen na vizuální sémiotice. Ta se zabývá znaky a znakovými systémy, které jsou spojeny s určitým významem. Její součástí je i teoretický rámec koncepčních mechanismů pro návrh grafické reprezentace, jenž je schopna nést současně časovou i polohovou informaci a tu následně asociovat s nejistotou. Návrh vhodného znakového klíče je v procesu vyjádření informace klíčový, neboť je nutné zajistit správnou interpretaci jeho významu.

Bertin (1967, cit. podle MacEachren, 2004) definuje 7 základních grafických parametrů znaku, které je možné přizpůsobit na základě informace, kterou nese.

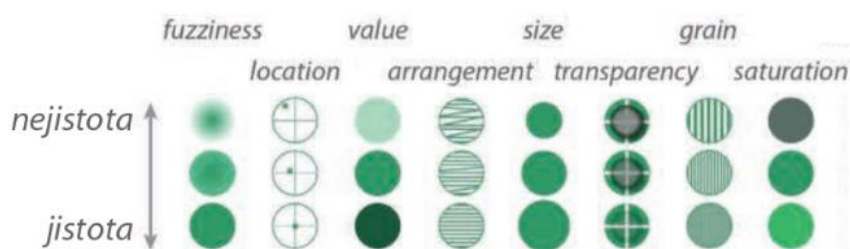
- Location (umístění)
- Size (velikost)
- Color hue (barevný tón)
- Color value (jas)
- Grain (textura)
- Orientation (orientace)
- Shape (tvar)

Následně Morrison (1974, cit. podle MacEachren, 2004) přidává další dva atributy.

- Color Saturation (sytnost barvy)
- Arrangement (uspořádání vnitřní textury)

Tyto parametry jsou vhodné především pro vyjádření běžných informací. Pro účely znázornění nejistoty přidal MacEachren (2004) další tři.

- Transparency (průhlednost)
- Resolutions (rozlišení obrazu)
- Clarity/Fuzziness (míra rozostření)



Obr. 3.1.2.1 Grafické provedení znaků experimentu (MacEachren, 2012, upraveno)

Samotný experiment, který provedl MacEachren byl rozdělen do dvou částí. První byla zaměřena na návrh grafické podoby samotných znaků a následném ověření

vnímání míry nejistoty uživateli. Došlo k sestavení tříprvkových znakových sad ze symbolických a geometrických obrazců. Ty představovaly ordinální úrovně jistoty. Následně byly předkládány respondentům s geografickým nebo geoinformačním vzděláním. Kromě obecné grafické podoby znaků byly vytvořeny i specifické, koncipované speciálně pro jednotlivé složky geografické informace, tedy čas, prostor a atribut. Respondentovi byl vždy zobrazen snímek se sadou znaků a stupnice pro hodnocení vhodnosti konkrétní trojice pro účel vyjádření nejistoty. Ta byla ve formě čísel od 1 po 7, kdy hodnota 7 odpovídala nejvyšší logické úrovni návrhu pro daný účel. Pro vyhodnocení bylo využito metody analýzy rozptylu.

Na základě výsledků experimentu lze doporučit tyto parametry znaků, rozostření (*fuzziness*), poloha (*location*) a jas (*value*). Jejich průměrné hodnocení dosáhlo hodnoty 6. Rozostření a poloha zároveň dosáhla modusu 7. Při použití je však nutné dbát na logické uspořádání znaků, odpovídajícímu představované míře nejistoty. To není možné zaměňovat. Správné uspořádání je definováno tak, že rostoucí úroveň míry nejistoty koreluje s gradujícím proměnným parametrem znaku. Například nízká míra nejistoty odpovídá nízkému rozostření atp. Pro komplexní výsledek byly zahrnuty do testování i pozměněné kombinace, avšak dosáhly negativního hodnocení, proto byla stanovena tato podmínka.

Druhá část experimentu použila nejlépe hodnocené sady z první části a vytvořila z nich znakové matice o rozměru 3 x 3. Znak, které ji tvořily, znázorňovaly různou míru nejistoty. Poté byly rozděleny do dvojic a zobrazeny respondentům. Jejich úkolem bylo provést jejich vzájemné srovnání, které bylo založeno na vyhodnocení a porovnání celkové úrovně nejistoty v nich obsažené a vždy vybrat tu s nejnižší mírou. Zaznamenaným parametrem byla správnost odpovědi a celkový čas potřebný k rozhodnutí.

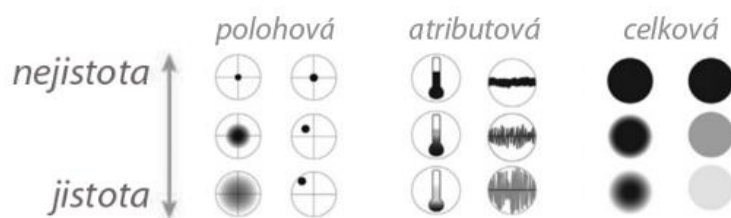
U symbolických znaků byla zaznamenána delší doba potřebná pro rozhodnutí. Konkrétně se jednalo o průměrnou dobu 3 800 ms proti 3 147 ms pro znaky geometrické. To lze přisoudit jejich složitějšímu grafickému provedení, které je náročnější na získání informace. Pro vyhodnocení dalších naměřených dat bylo opět využito analýzy rozptylu. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo u metody znázornění pomocí proměnného parametru rozostření a jas. Při potřebě nízkého rozhodovacího času byla dosažena téměř bezchybnost odpovědí. Nejlépe z použitých variant a jako doporučená forma pro znázornění nejistoty pomocí figurálních znaků jsou tedy doporučeny parametry rozostření (*fuzziness*) a poloha (*location*). Za nimi následují jas (*value*) a vnitřní struktura (*arrangement*). S výhradami závisících hlavně na zvoleném podkladu lze využít průhlednost (*transparency*) a velikost znaku (*size*).

Další, kdo se zabýval výzkumem zaměřeným na testování vhodnosti znakové sady pro vyjádření nejistoty, byl Berjawi a kol. (2014). Cílem bylo stanovení a následné vhodné vyjádření zájmových míst neboli POI (*point of interest*) na mapě. Jednotlivé POI odpovídaly hotelům, restauracím a dalším atraktivním turistickým cílům, u kterých byla sledována poloha a jejich atributová informace. Potřeba znázornění míry nejistoty u jednotlivých POI plynula z principu, na jakém došlo k získání obou informací. To zajišťoval algoritmus, který procházel různé datové zdroje, ze kterých následně čerpal informace o konkrétní destinaci. Na základě určité podobnosti je následně vhodně zkombinoval, vyhodnotil úplnost a shodu všech získaných dat. Poté stanovil konkrétnímu cíli odpovídající atributovou, polohovou a celkovou míru nejistoty. Posouzení prostorových informací bylo na základě Euklidovské vzdálenosti (*Euclidian distance*). Atributová data byla kvantifikována prostřednictvím shlukové analýzy míry podobnosti (*Similarity measures*).

Pro znázornění nejistoty vytvořil Berjawi několik znakových sad. Kromě nově navržených se zde objevují i znaky, které použil MacEachren a vyhodnotil je jako nejlépe pochopitelné. U některých znaků dochází ke kombinaci více proměnných atributů. Tím je dosaženo zesílení vzájemné difference znaků. Současně dochází k částečné eliminaci případů, ve kterých uživatel neporozumí jednomu využitému proměnnému parametru pro znázornění nejistoty. Například poloha a rozostření pro nejistotu prostorových dat, nebo velikost a rozostření pro globální.

Před rozhodnutím využít konkrétní znaky pro daný účel je nutné zohlednit i kontext, ve kterém dojde k jejich znázornění. V této studii došlo k zaznamenání rozporu při použití znaku s proměnlivým znázorněním úsměvu. Respondenti ho zaměňovali v případě použití pro znázornění nejistoty polohové informace restaurací za hodnocení kvality jejich služeb.

Samotný experiment byl zahájen sestavením znakových sad a jejich následným otestováním. To spočívalo v zobrazení znaků znázorňujících odlišnou míru nejistoty. Úkolem respondentů byl výběr znaku, kterému odpovídala vyšší míra. Sledovanými parametry byly správnost odpovědi a doba, kterou respondent potřeboval k rozhodnutí. Na základě tohoto úvodního testování došlo k výběru nejlépe hodnocených sad určených pro další využití (obr. 3.1.2.2).



Obr. 3.1.2.2 Nejlépe vyhodnocené znaky (Berjawi, 2014, upraveno)

Další testovanou skutečností se stala forma, do jaké jednotlivé typy nejistoty uspořádat. Pro tento účel bylo vytvořeno interaktivní rozhraní znázorňující mapový výřez a zájmové body. Znázornění nejistoty probíhalo umístěním konkrétního znaku z vybrané sady do mapy nebo prostřednictvím vyskakovacího pop-up okna, do něhož byly znaky umístěny. Nejlépe vyhodnocenou variantou se stalo umístění znaku vyjadřujícího globální nejistotu na zájmové místo. Znak odpovídající nejistotě polohové a atributové informace se pak stal součástí vyskakovacího okna, ve kterém byl vhodně doplněn popisnými informacemi. Podobného výsledku dosáhla i varianta, kdy objekt byl vyjádřen na mapě znakem nejistoty polohové informace a atributové byl umístěn do vyskakovacího okna. Globální nejistota v tomto případě nebyla znázorněna. Díky tomu lze uvažovat o její nadbytečnosti pro čtenáře. Avšak při dotazu respondentů na strategii výběru konkrétní POI byla jednoznačně zvolena jako hlavní kritérium.

Tento experiment tedy dokládá skutečnost, že není vhodné do mapy umístit nadbytečné množství znaků, které ztíží lokalizaci informace. Konkrétně umístění tří znaků vztahujících se k jednomu bodu. Také ukazuje nesmyslnost varianty, kdy jev je vyjádřen běžným znakem bez proměnlivého charakteru, a veškeré další informace jsou umístěny do vyskakovacího okna. Čtení mapy je díky tomu zatíženo nutností zobrazení okna, bez něhož nelze zjistit ani základní míru nejistoty. Doporučením se tedy stává vyjádření bodu znakem globální nejistoty, který zajistí přehlednost a nepřeplněnost mapy. Čtenář díky ní získá generální informaci o jistotě znázorňovaných dat. Následně

po výběru vybraného zájmového bodu se může seznámit s jeho zatíženími konkrétními typy nejistoty umístěných ve vyskakovacím okně.

3.2 Kvalita prostorových dat

Pojem kvalita dat je velice těžké definovat, především z důvodu používání rozličné terminologie. Mnohé vědní obory také definují různá kritéria pro její vyhodnocení. To je dáno především jejich odlišnými přístupy a požadavky. Obecně lze definovat kvalitu jako vhodnost k použití. Tuto vhodnost definuje soubor hodnotících kritérií, které určují její výslednou míru. Kominácká (2007) kvalitu dat definuje jako vlastnost údajů posuzovanou na základě jejich správnosti, aktuálnosti, přesnosti, úplnosti, věcné příslušnosti a dostupnosti, jež činí data vhodnými pro jejich předpokládané využití.

Někdy je pojem kvalita lépe chápán v případě jeho záměny s pojmem chyba. Jedná se totiž o kritérium, které je nutné vyhodnotit při práci u veškerých dat. I přesto, že se jedná o nežádoucí část dat, nelze ji v některých případech úplně odstranit. V těch je pak nutné přítomnost identifikovat a vyhodnotit vliv na výsledek. Ten následně minimalizovat či úplně neutralizovat.

V případě dosažení vysoké míry kvality dat je možné dosáhnout přesných, důvěryhodných informací a je možné předpokládat jejich pozitivní dopad na správné rozhodnutí. Tento průběh je však závislý i na jejich správném pochopení a interpretaci uživatele. V případě jeho omezené schopnosti lze i velice kvalitní data značně degradovat.

Samotný proces vyhodnocení kvality dat zahrnuje podle Reinke (2002) čtyři fáze. Jedná se o notifikaci (*notification*), identifikaci (*identification*), kvantifikaci (*quantification*) a evaluaci (*evaluation*). Notifikace je počáteční fáze, která slouží pouze k základnímu zjištění, zda se informace o kvalitě dat ve zkoumaném souboru vyskytuje či nikoliv. Poté následuje identifikace, která rozeznává v datech jednotlivé typy kvality. Na jejím základě je možné předpovídat výskyt nejistoty nebo chyby. Získání konkrétních hodnot informace kvality dat nastává během kvantifikace. Jedná se o nejkomplexnější část, která poskytuje informaci o výskytu, typu a hodnotě kvality dat. Průběh této fáze výrazně ovlivňuje správnost, rychlost a výslednou podobu získané informace o kvalitě dat. Po získání hodnot nastává proces pro jejich prezentaci a případně další sdílení. K tomu je určena evaluace vyhodnocující vliv kvality v datech a jejich dalších aplikacích. Dále se zabývá možností zobrazení dat i s odpovídající kvalitou a to jak společně, tak i zvlášť.

Mezi základní typy přesnosti patří následující:

- *Polohová přesnost* – určuje míru přesnosti mezi stanovením polohy objektu nebo jevu v datech a jeho skutečným umístěním v reálném světě. Míra přesnosti je závislá na použité metodě záznamu dat a kartografickém zobrazení. Tuto kvalitativní složku dat lze dále dělit na hodnotu relativní a absolutní. Relativní vyjadřuje vzdálenost dvou prvků na mapě v kontrastu s jejich skutečným umístěním. Konečná hodnota tedy stanovuje nejvyšší možnou odchylku vzdálenosti dvou bodů na mapě a jím odpovídajících bodů ve skutečném světě. Absolutní využívá přesně definované systémy, které lze považovat za spolehlivé. Vyjadřuje přesnost stanovení prostorové informace dat na Zemi s využitím konkrétního referenčního systému.

- *Časová přesnost* – charakterizuje časové aspekty prostorových dat. U veškerých záznamů je nutné brát v potaz okamžik výskytu děje, jeho zaznamenání pozorováním nebo měřením a platnost, po kterou ho lze považovat za aktuální a využitelný. Mnohdy lze tuto přesnost zanedbat například při zkoumání historického vývoje, ale pro aktuální studie a predikce budoucího vývoje je žádoucí využívat data co nejaktuálnější.
- *Atributová přesnost* – vyjadřuje vhodnost výběru atributových parametrů popisujících objekt nebo děj se zohledněním jejich významu ve skutečném světě. Součástí je i popis použité klasifikační metody pro stanovení hodnot s uvedenou odchylkou atributových hodnot k použité metodě. K jejímu posouzení bývá často využíváno předchozích zkušeností a znalostí, které mohou výsledek do jisté míry subjektivizovat.
- *Sémantická přesnost* – odpovídá míře sémantické vhodnosti při volbě atributů popisujících reálné objekty nebo situace ve vztahu ke skutečnosti. Nevěnuje se tedy geometrické reprezentaci dat, ale čistě významové. Pokud je zachována, pomáhá ke správné interpretaci informace z dat.
- *Úplnost* – vymezuje vztahy mezi objekty reprezentovanými v GIS a universem všech těchto objektů (Brus, 2015). Je definována pro celou datovou sadu a zároveň pro veškeré datové atributy, kdy sleduje nesoulad mezi různými bázemi a jejich popisem. Úplnost může být vyhodnocena na základě prostorové, časové nebo tematické informace dat. Úplnost lze považovat za velice důležitou v případě zkoumání územních celků, kdy je nutné zajistit dostatečné pokrytí celého území naměřenými hodnotami. Nejčastěji vykazují nízkou míru úplnosti studie využívající historická data, kdy nebyly zaznamenány hodnoty s takovou intenzitou a přesností jako je typické pro současné práce. Další příčinou může být změna velikosti a tvaru územních jednotek vyplývající z vývoje sídel.

Pro vizualizaci nejistoty v datech se zavádí pojem kvalita dat. Ta využívá prostorová data. Tedy data, která se vztahují k určitým místům v prostoru a pro která jsou na potřebné úrovni rozlišení známe polohy těchto míst (Rapant, 2006).

3.3 Eye-tracking

Technologie eye-tracking umožňuje exaktně měřit pohyby očí. Díky tomu je možné studovat biologické a psychologické procesy, které jsou ovlivněny nejvyužívanějším smyslem člověka, tedy zrakem. V zaznamenaných datech dochází k rozeznání dvou základních procesů. Jedná se o fixace, které odpovídají stavu, kdy je lidské oko zaměřeno na konkrétní místo. Na základě řady fixací následně dochází k dosažení vizuálního vjemu. Mezi nimi dochází k velice rychlým pohybům oka, ty jsou označovány jako sádky. Odpovídají tedy přesunu zraku mezi jednotlivými místy s fixacemi (Popelka, 2015).

Tato technologie je založena na bezkontaktním sledování odrazu od částí lidského oka. Eye-tracker nejčastěji obsahuje vysílač infračerveného světla a kamery, které analyzují odraz tohoto světla od rohovky. Na základě toho pak dochází k identifikaci středu zornice a místa, na kterém dochází k tzv. korneálnímu odrazu.

V kartografii tato technologie nachází široké uplatnění, protože umožňuje zkoumat vliv jednotlivých parametrů mapy na lidské vnímání. To vše s odstraněním subjektivního ovlivnění, protože dochází k přímému záznamu průběhu čtení mapy.

Studie zaměřené na vyjádření nejistoty ve většině případů pro získání dat využívaly dotazníkové šetření mezi uživateli. Tím byly často získány pouze informace založené na jejich pocitovém vnímání. Využití eye-tracking experimentu pak přináší zvýšení míry objektivity výsledku a možnost posouzení vlivu jednotlivých parametrů znaku na proces čtení mapy.

Mezi nejpoužívanější eye-tracking metriky patří „*Fixation duration*“, neboli celkový fixační čas. Na základě jeho délky je možné odhalit náročnost na získání informace nebo vyhodnotit atraktivitu daného objektu. Díky tomu lze využít tuto dobu pro vzájemné porovnání různých skupin respondentů, například s odlišným vzděláním a vyhodnotit, zda určité vědomosti vedly ke snížení potřebného času na získání informace či nikoliv. Další často využívanou metrikou je „*Total dwell time*“. Ta se vztahuje k vytvořeným oblastem zájmu na stimulu a odpovídá času, který respondent v dané oblasti strávil. Lze ji tak využít například k porovnání doby, kterou respondent věnoval mapovému poli a legendě. Na základě této informace může být provedeno vyhodnocení náročnosti provedení znakového klíče. Pro možnost porovnání délky trajektorie oka se využívá metrika „*Gaze length*“. Její velikost je možné využít pro hodnocení pochopitelnosti stimulu nebo obtížnosti zadaného úkolu (Popelka, 2015).

Získaná data je možné analyzovat přímo ve specifických vizualizacích pro eye-tracking data jako je Heat mapa, která znázorňuje intenzitu zájmu jednotlivým oblastem stimulu ve formě barevného rastru. Scanpath, který slouží ke znázornění celkového průběhu sledování stimulu. Sakády jsou vyjádřeny pomocí linií a fixace ve formě kružnic u kterých je průměr závislý na době jejich trvání.

Zmiňované metody jsou uvedeny pouze jako příklad, protože existuje ještě mnoho dalších způsobů vizualizace eye-tracking dat. Často také dochází ke statistickému vyhodnocení získaných dat, například posouzení míry podobnosti mezi různými skupinami respondentů a podobně.

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Prvním krokem bylo vytvoření grafické podoby jednotlivých znaků vhodných pro vizualizaci nejistoty. Navržené znakové klíče byly sestaveny v návaznosti na předchozích studiích, které provedl MacEachren, Berjawi a Brus. Převážná část těchto prací se omezuje pouze na dotazníkové šetření, ve kterém dochází k analýze, zda je čtenář schopen zakomponovat informaci o nejistotě do rozhodovacího procesu, nebo zda se mu jeví daná znaková sada pro tento účel vhodná. Avšak tato práce posouvá vyhodnocení dále a to především díky zahrnutí eye-tracking experimentu. Díky tomu je možné analyzovat přímo proces čtení mapy jednotlivými respondenty a dochází tak k odstranění ovlivnění výsledku nevhodnými vyjadřovacími prostředky či zaujetím.

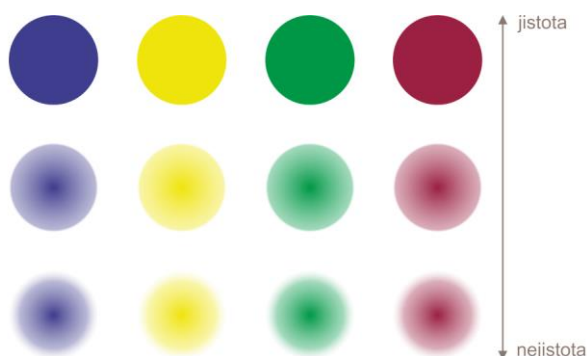
Samotná analýza navržených znakových sad obsahujících bodové, liniové a plošné znaky je rozdělena do dvou částí. První zahrnuje dotazníkové šetření, ve kterém je vizualizována pouze legenda znakové sady, bez praktické aplikace znaků do mapového pole. Hlavním výsledkem této části je informace o logické úrovni vhodnosti jednotlivých sad pro vizualizaci nejistoty. Dochází však pouze k subjektivnímu ohodnocení jednotlivými respondenty.

Druhá část je orientována na praktické nasazení znakových sad do mapy a samotného rozhodovacího procesu. Díky eliminaci omezení analýzy pouze na vizuální vnímání je získána informace o schopnosti čtenářů informaci s nejistotou ze znaků nejprve získat a následně ji správně aplikovat. Kromě posouzení jednotlivých znaků došlo k vyhodnocení i vlivu odlišných forem legendy.

4.1 Sestavení znakového klíče

V prvním kroku bylo nutné sestavit jednotlivé bodové, liniové a plošné metody, které by byly vhodné pro vizualizaci nejistoty. Vybrané metody vycházejí z práce McEachrena (2012) a Bruse (2014). Pro počáteční dotazníkové šetření bylo sestaveno celkově 19 bodových znakových sad využívajících rozdílný proměnný parametr (rozostření, velikost, sytost, barva atd.). Tyto sady se skládají ze tří znaků, kdy každý odpovídá konkrétní míře nejistoty. Tvorba znaků byla provedena v softwarech Corel Draw X7 a Adobe Photoshop CS5.

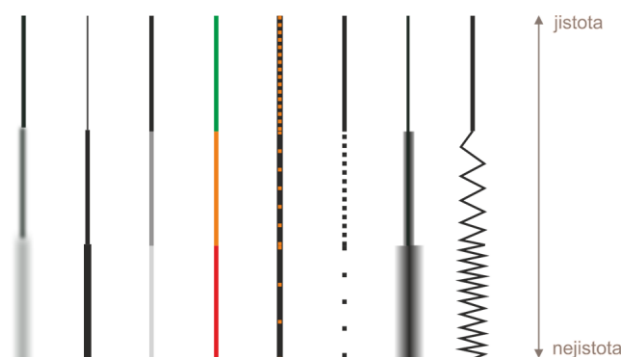
U vybraných sad dále došlo k vytvoření odlišných barevných variací a to především pro možnost srovnání, zda tato difference bude mít vliv na výsledné preference respondenta či nikoliv.



Obr. 4.1.1 Ukázka znakové sady v různých barevných provedeních

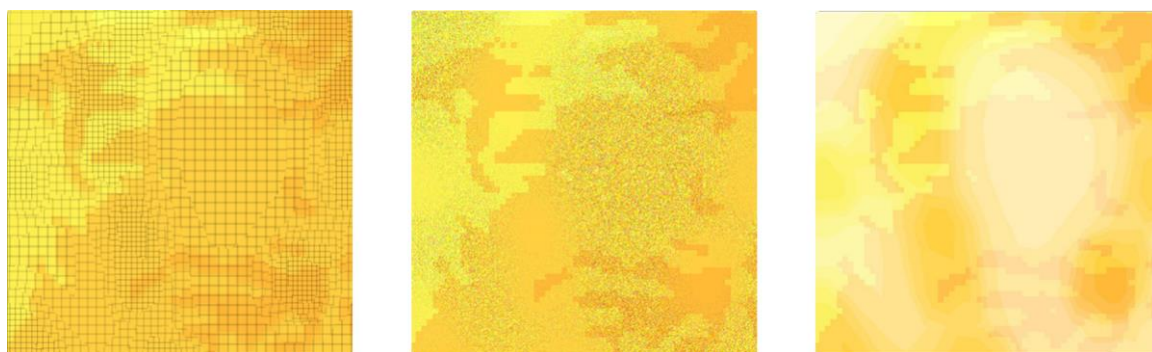
V několika případech nastala nejednoznačnost při určení míry nejistoty jednotlivých znaků vybrané znakové sady. Tedy, že určité skupině respondentů může první znak sady evokovat nejvyšší míru nejistoty a naopak jiné skupině nejnížší míru. V těchto případech proto došlo k vypracování obou možných variant.

Pro liniové znaky bylo vytvořeno celkem 8 znakových sad. Opět zde byla zohledněna možnost odlišného pochopení vyjadřované nejistoty, a proto došlo k vypracování obou variant. Jako proměnlivé parametry linie byly vybrány tloušťka, barva, struktura, rozostření, průhlednost, tvar, textura a rozostření okrajů.



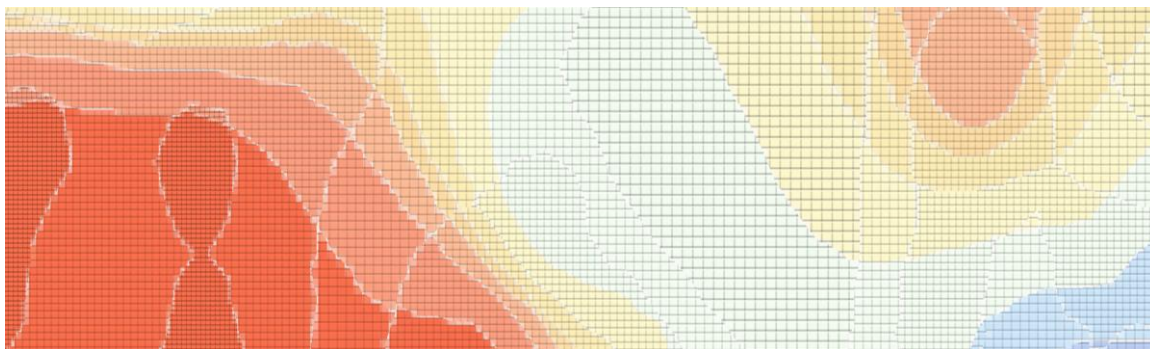
Obr. 4.1.2 *Liniové znakové sady*

Plošné znaky pro dotazníkové šetření byly použity z práce Bruse (2014). Míra nejistoty zde byla vizualizována pomocí Gaussova rozostření, mřížky, rozostření okrajů, stínovaného efektu, textury, mlhy, mozaiky a šumu. Nevýhodou těchto vizualizací je absence legendy, díky čemuž není možné jednoznačně určit kvalitu informace v jejich jednotlivých částech.



Obr. 4.1.3 *Vybrané plošné vizualizace nejistoty (mřížka, šum, mlha)*

K sestavení vizualizací určených pro eye-tracking experiment byly vybrány pouze nejlépe vnímané metody z dotazníkového šetření. Konkrétně se jednalo o texturu, rozostření okrajů, mlhu, šum, postřik a mřížku. Základem těchto vizualizací se stal rastr, který byl interpolován z náhodných hodnot pomocí metody ordinary kriging. Pro vymezení kvality dat v jednotlivých částech rastru byla použita extenze Geostatistical Analyst programu ArcGIS 10.3. Ta na základě posouzení variogramu vyhodnocuje nejistotu interpolované hodnoty. Celkem bylo definováno 5 úrovní kvality dat. Na jejich základě následně došlo k rozčlenění původního teplotního rastru. Konečná grafická úprava jednotlivých zón byla následně provedena v softwaru Adobe Illustrator CS6.



Obr. 4.1.4 Výřez vytvořené plošné vizualizace nejistoty (mřížka)

4.2 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření tvořilo první část testování vhodnosti navrženého znakového klíče. Jeho cílem bylo získat informace o pocitovém vnímání jednotlivých znakových sad. Dotazník byl vytvořen v prostředí Google Forms, které kromě samotného sestavení umožňuje i jeho snadné sdílení v prostředí internetu. Díky tomu lze oslovit široké spektrum respondentů i na velké vzdálenosti. Oslovená skupina pro toto šetření byla složena z osob jak s kartografickým vzděláním, tak zároveň i bez něj. Tato struktura zajistila současně oslovení části populace, která se v dané problematice orientuje a může poskytnout odborný názor. A současně také zbývající, pro kterou je nutné především zajistit, aby informace byla snadno pochopitelná i s absencí specifického vzdělání.

Hlavička dotazníku obsahovala základní vysvětlení pojmu nejistota. Nutnost tohoto kroku vyplývá především v časté neznalosti termínu a z toho vyplývající možnosti nepochopení hlavního předmětu výzkumu. Text byl uveden v následující podobě:

„NEJISTOTA

Obecně lze tento pojem definovat jako nedokonalost znalostí uživatelů o údajích, procesech nebo výsledcích (Brus, 2014).

Také si můžete představit následující znaky tak, že zobrazují škálu od jisté (přesné, určité, spolehlivé) informace až po informaci nejistou (nepřesně definovanou, nespolehlivou, pochybnou).

Vaším úkolem je zhodnotit, zda považujete konkrétní znak pro účel vyjádření míry nejistoty jako logicky vhodný. Logická vhodnost je popsána stupnicí, kde hodnota 7 odpovídá maximální logické úrovni pochopení a hodnota 1 nelogickému návrhu.

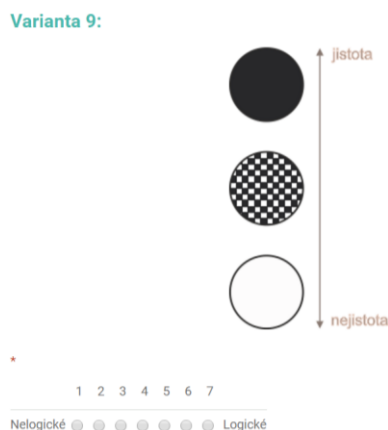
1 - nelogické vyjádření

7 - logické vyjádření“

Do další části bylo zahrnuto několik dotazů, které měly za úkol blíže charakterizovat dotazovaného a zároveň umožnit vyhodnocení vlivu daných specifíků na výsledek. Konkrétně se jednalo o dotaz na pohlaví (muž / žena), věk (méně než 18 / 18-25 / 26-35 / 36-45 / 46-60 / 61 a více), vzdělání kartografického směru (s kartografickým

vzděláním / bez kartografického vzdělání), vztah ke geoinformatice (odborník / student geoinformatiky nebo příbuzného oboru / laik) a poruchu barvocitu (ano / ne / nevím).

Dále následovaly jednotlivé znakové sady doplněné stupnicí pro hodnocení vhodnosti. Ta obsahovala hodnoty v rozsahu 1 až 7. Menší číslo odpovídalo nižší míře logické vhodnosti pro vizualizaci nejistoty. Na základě typu použitého znaku došlo k rozdělení této části do tří skupin, bodové, liniové a plošné. Celkově bylo do dotazníku zahrnuto 28 bodových, 9 liniových a 9 plošných znakových sad.



Obr. 4.2.1 Ukázka dotazníku s hodnocením znakové sady

Sekce obsahující plošné znaky byla z důvodu absence legendy u jednotlivých vizualizací uvedena obrazem původního rastru bez zanesené informace o nejistotě. Ten byl dále doplněn obrazem s vymezením kvality dat v jednotlivých jeho částech. Cílem tohoto kroku bylo zlepšení orientace respondentů v následujících vizualizacích.

Výsledky dotazníku byly však omezené, protože neukázaly, zda jsou jednotlivé znakové sady schopny správně vyjádřit jak základní datovou informaci, tak současně v ní obsaženou nejistotu. Právě ta by pro příjemce přinášela přidanou hodnotu v porovnání s běžně používanými kartografickými technikami. Primárním výsledkem dotazníku se však stal přehled o vnímané vhodnosti jednotlivých znaků z hlediska jejich grafického provedení pro znázornění nejistoty. Dále je možné s jeho pomocí stanovit, zda úroveň hodnot nejistoty v legendě jsou odpovídající znakům. Na základě výsledků byl také proveden výběr nejlépe vnímaných sad pro následující eye-tracking experiment. Srovnání obou výsledků pak přinese informaci, zda nejlépe hodnocené grafické provedení zároveň znamená i nejvhodnější formu pro rychlou a přesnou interpretaci informace.

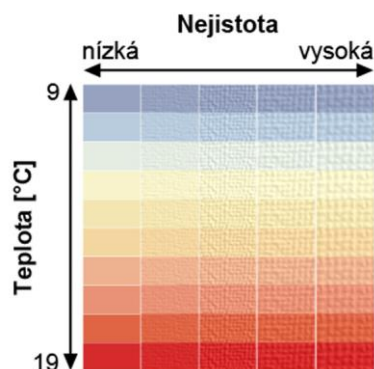
4.3 Eye-tracking experiment

V této části práce bylo hlavním úkolem ověření, zda jednotlivé znakové sady nesou informaci o nejistotě tak, aby ji byl schopen čtenář správně a efektivně využít. Následně by ji měl vhodně aplikovat do rozhodnutí, které její znalost pro správný výsledek vyžadují. Pro ověření tohoto procesu bylo sestaveno několik otázek, které v sobě nepřímě zahrnují dotaz na kvalitu dat. Tento postup byl zvolen především z důvodu odstranění způsobu vyhodnocení, ve kterém by respondenti pouze automatizovaně hledali znaky s nejnižší mírou nejistoty.

Současně došlo k vytvoření mapových kompozic složených z mapového pole, které je doplněné legendou. Další kompoziční prvky nebyly vyobrazeny pro minimalizaci

rozptylujících elementů, které by mohly zkreslit hlavní sledovaný jev, tedy vyhodnocení znakového klíče. Veškeré znaky byly vytvářeny s důrazem na maximální intuitivnost, ale přesto je v některých případech vhodné zajistit jejich doplnění legendou. Tato potřeba je vysoká především u plošných metod, u kterých je pro jejich správné pochopení dobré zobrazit ukázkou všech hodnot původních dat s jednotlivými úrovněmi nejistoty.

Sestavení experimentu proběhlo v softwaru SMI Experiment Center. Pro měření bylo použito zařízení SMI RED 250 s vzorkovací frekvencí záznamu 250 Hz.



Obr. 4.3.1 Ukázka vhodné grafické podoby legendy pro vizualizaci nejistoty

Experiment byl rozdělen do následující struktury:

- Bodové znaky
 - Bodové vyjádření jednoho jevu
 - Bodové vyjádření více jevů
 - Časová a polohová přesnost
- Liniové znaky
 - Liniové vyjádření jednoho jevu
 - Liniové vyjádření více jevů
- Plošné znaky

Uspořádání odpovídajících mapových kompozic v jednotlivých sekcích bylo řešeno jako náhodné z důvodu odstranění vlivu učícího efektu. Ten je možné predikovat především díky tomu, že respondent v celé sekci řeší obdobný typ úkolu. Tento postup však následně umožní provést jejich vzájemné objektivní srovnání.

Experiment byl uveden úvodním snímkem s vysvětlením problematiky nejistoty:

„Pro pojem nejistota existuje mnoho definic a vysvětlení. V pojetí tohoto experimentu se jedná o nedokonalost znalostí uživatelů o údajích, procesech nebo výsledcích (Brus, 2014).

Zjednodušeně lze říct, že následující vizualizační metody jsou schopny vizualizovat jak základní informaci o prostorových datech, tak zároveň i míru jejich kvality, která je ovlivněna nejistotou v nich obsaženou (např. časová, polohová nepřesnost).

Uživatel by s pomocí těchto vizualizačních technik měl snadno identifikovat, které informace jsou jisté (přesné, spolehlivé, určité) a které naopak nejisté (nespolehlivé, pochybné, nepřesně definované).“

Pro velkou část respondentů to bylo první seznámení s pojmem nejistota, proto bylo textové poučení navíc rozšířeno o následující komentář:

„U bodu s vysokou nejistotou je vyšší pravděpodobnost, že nebude umístěn v místě výskytu jevu, nemusí sedět časové údaje a podobně. Proto například pro vyhledání nejvhodnějších bodů je vhodné identifikovat ty s nejnižší mírou nejistoty.“

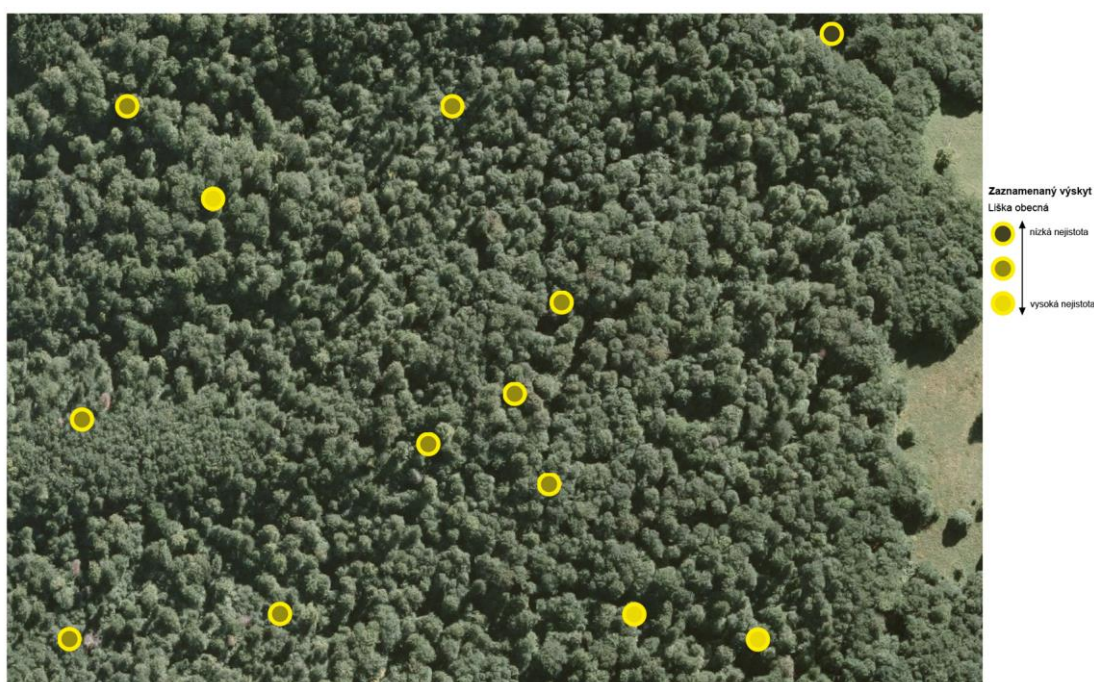
Následně došlo k zobrazení části experimentu, ve které došlo k bližší specifikaci respondenta. Konkrétně se jednalo o dotazy na jméno, pohlaví, věk, kartografické vzdělání, zkušenosti s geoinformatikou a vadu barvocitu. Cílem sběru těchto informací bylo umožnění analýzy jejich vlivu například na způsob čtení mapy.

Poté bylo zahájeno samotné testování, první v experimentu byly umístěny bodové mapové kompozice. Znaky byly zobrazeny na podkladovém leteckém snímku lesního porostu. Došlo ke snížení jeho barevné sytosti a úpravě jasu, to především z důvodu zamezení negativního vlivu podkladu na vnímání samotných znaků.

Skladba otázek byla rozdělena do tří částí. V první proběhla formulace otázky, na kterou měl respondent s pomocí následně zobrazené mapy najít odpověď. Ta byla ve formě výběru nejvhodnějších bodů či místa na mapě. U bodových znaků došlo k položení této otázky:

- *„Vyberte 3 nejvhodnější lokality pro umístění fotopasti k vyfocení Lišky obecné.“*
U této otázky bylo úkolem respondenta vybrat 3 nejvhodnější body ze všech nabízených, u kterých byla nejistota informace nejnižší a tedy výskyt lišky nejpravděpodobnější.

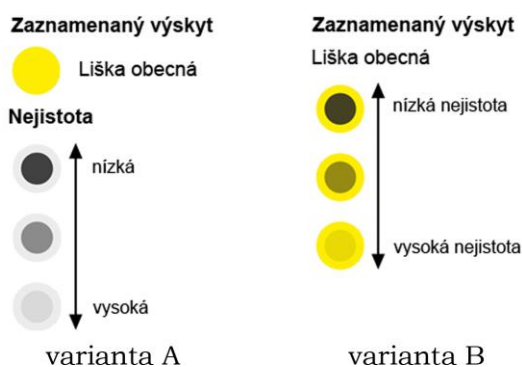
Než došlo k zobrazení mapové kompozice, byl zobrazen snímek s tzv. centrovacím křížem. Jeho úkolem je zajistit shodnou počáteční pozici zraku před zahájením záznamu kognice, tím jsou dosaženy stejné počáteční podmínky mezi respondenty. Samotná mapová kompozice se skládala z mapového pole, které bylo vhodně doplněno legendou. Další kompoziční prvky nebyly zobrazeny, aby neodváděly pozornost respondenta od hlavního předmětu výzkumu a to znakové klíče.



Obr. 4.3.2 Mapová bodová kompozice eye-tracking experimentu

Cílem diplomové práce bylo i posouzení vlivu legendy na proces čtení mapy. Z tohoto důvodu byla vytvořena ve dvou způsobech provedení. První oddělovala znázornění základního jevu od míry nejistoty (Obr. 4.3.3 – varianta A). Čtenář tedy musel projevit určitou míru představivosti a odvodit podobu znaku s odpovídající nejistotou. Výhodou tato varianta přináší především při znázornění více jevů, kdy není nutné zobrazovat všechny možné varianty znaků. Dochází tak k úspoře místa, avšak za cenu náročnějšího pochopení.

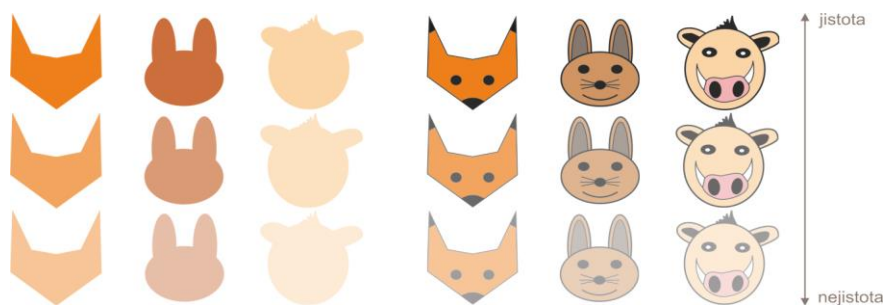
Druhá verze integruje nejistotu přímo do znaku jevu. Dochází tedy k vytvoření všech variant znaku v jednotlivých úrovních nejistoty. Výhodou této varianty je názornost, která je však vykoupena poměrně vysokými prostorovými nároky a to především u znázornění více jevů. Mapové kompozice s jednotlivými znakovými sadami byly ve většině případů provedeny ve variantě A i B.



Obr. 4.3.3 Provedení legend použitých v experimentu

Způsobu čtení mapy se znázorněním více jevů byla věnována část experimentu, ve které došlo ke znázornění výskytu lišky, prasete a zajíce. Toto téma bylo zvoleno pouze pro účely testování s cílem ověření vhodnosti a rozpoznatelnosti grafického provedení znaků. Jevy byly vyjádřeny pomocí jedné znakové sady, pouze pro odlišení bylo použito její různé barevné provedení. Díky tomu bylo zároveň možno posoudit vliv barevného provedení znaků na výsledek. U každé znakové sady došlo k vytvoření verze využívající variantu legendy A i B.

Kromě již vytvořených znaků bylo navrženo i několik symbolických a siluetových znaků pouze pro tuto část experimentu. Ty byly sestaveny na míru znázorňovaným jevům. Díky způsobu provedení není možné zajistit jejich univerzální použití, a proto jich bylo vytvořeno pouze toto omezené množství. Cílem tohoto kroku bylo posoudit možnosti nasazení těchto provedení pro vizualizaci nejistoty a to především na rychlost a správnost interpretace informace. Úroveň kvality informace je do znaků vložena pomocí parametru průhlednosti.



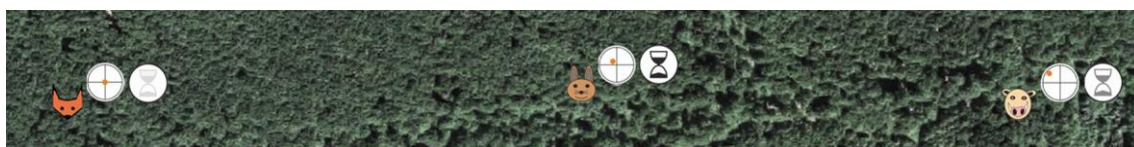
Obr. 4.3.4 Siluetová (vlevo) a symbolická (vpravo) znaková sada

Otázka pro mapy s více jevy byla následující:

- „Vyberte 3 nejvhodnější lokality pro umístění fotopasti k získání fotografie všech zvířat.
1. fotopast = nejvhodnější výskyt lišky
2. fotopast = nejvhodnější výskyt prasete
3. fotopast = nejvhodnější výskyt zajíce“

Respondenti vybírali znak, který vyhodnotili jako nejvhodnější, tedy s nejnižší nejistotou pro každý ze tří znázorněných jevů.

Specifickou kategorií bodových znaků byly sady určené pro znázornění prostorové a časové kvality dat. Jejich grafická podoba byla navržena s ohledem na tuto skutečnost. Tedy aby jejich podoba okamžitě evokovala ve čtenáři souvislost s časem a prostorem a díky tomu došlo k jejich rychlé interpretaci. Během trialů dochází ke kombinaci tří typů znaků. První zajišťuje pouze spojení s konkrétním jevem a lokalizuje ho v mapě. Pro tento účel bylo využito znakových sad zobrazených na obr. 4.3.4, tedy siluetových a symbolických. Druhou skupinu tvoří znaky pro polohovou přesnost a třetí pro přesnost časovou. Jejich úkolem je charakterizovat kvalitu informace lokalizovaného jevu. Samostatně tedy nenesou žádnou informaci, ale pouze stanovují úroveň nejistoty. Sestavené mapy byly vytvořeny jak s vyjádřením jednoho jevu, tak zároveň kombinující jevy tři.



Obr. 4.3.5 Výřez z trialu znázorňující časovou a polohovou kvalitu informace

Na základě výzkumu, který provedl Berjawi (2014) by bylo vhodnější, kdyby jevový znak nesl globální úroveň nejistoty a čtenáři by se po jeho výběru zobrazilo pop-up okno s konkrétními typy nejistoty. Díky tomu dochází k významnému snížení náplně mapy. Tento dynamický průběh však není možné realizovat v použitém testovacím softwaru SMI Experiment Suite 360°.

Úkolem respondentů bylo opět vybrání nejvhodnější lokality výskytu jevu. Otázky byly položeny následovně:

- „Vyberte 1 nejvhodnější lokalitu pro umístění fotopasti k vyfotografování Lišky obecné.“
U tohoto úkolu byla vždy vybrána jedna lokalita, jejíž informace byla vyhodnocena jako nej přesnější. Muselo tedy dojít ke kombinaci jednotlivých přesností. Otázka byla zobrazena u map s jedním jevem.
- „Vyberte 3 nejvhodnější lokality pro umístění fotopasti k získání fotografie všech zvířat.
1. fotopast = nejvhodnější výskyt lišky
2. fotopast = nejvhodnější výskyt prasete
3. fotopast = nejvhodnější výskyt zajíce“

Respondenti vybírali vždy nejvhodnější lokalitu každého znázorňovaného jevu, kde byla informace nejkvalitnější. Otázka byla zobrazena u map s více jevy.

Část experimentu zaměřená na testování liniových znaků se skládala jak z map s jedním jevem, tak současně i s více jevy. Legenda map s jedním jevem byla ve variantě A, u více jevů pak v obou možných provedeních (viz obr. 4.3.3). Bylo testováno celkem 7 různých metod pro znázornění nejistoty. Tematické zaměření bylo orientováno na historické cesty. Jejich předpokládané umístění bylo vyjádřeno na podkladu historické mapy, jednalo se o čistě imaginární situaci vytvořenou pouze pro potřeby experimentu. Podle míry kvality informace měli respondenti určit, kde je největší nebo nejmenší šance nálezu pozůstatků historické cesty.

U více jevů došlo k vytvoření 3 typů cest, městské, zemské a krajské. Dotazovaní měli za úkol určit místo s největší šancí nálezu konkrétního typu cesty. Jejich průběhy byly znázorněny pomocí 3 nejlépe hodnocených metod a pro odlišení byly zvoleny odlišné barvy.

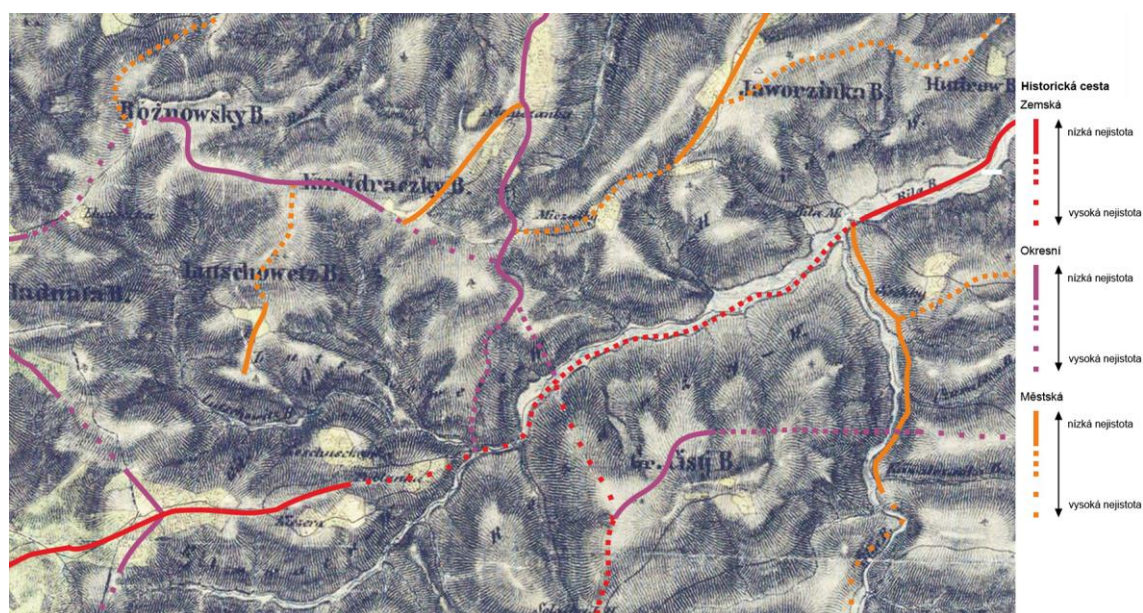
Úkoly byly formulovány následovně:

- „Vyberte 1 místo s nejmenší/největší šancí nálezu pozůstatků historické cesty. (možných více variant, vyberte pouze 1)“

Respondenti vybírali místo na linii, kde byla kvalita informace nejnižší nebo nejvyšší podle typu otázky. Vyšší kvalita odpovídala větší šanci, že daným místem historická cesta skutečně vedla. Otázka byla zadána u map s jedním znázorněným jevem.

- „Vyberte 1 místo s největší šancí nálezu pozůstatků historické Městské/Zemské/Krajské cesty. (možných více variant, vyberte pouze 1)“

Otázka byla zadána u map s více jevy a respondenti měli za úkol vybrat místo daného typu cesty, kde byla šance nálezu pozůstatků nejvyšší. Této situaci odpovídá nejvyšší míra kvality informace.



Obr. 4.3.6 Ukázka z liniové části experimentu se znázorněním více jevů

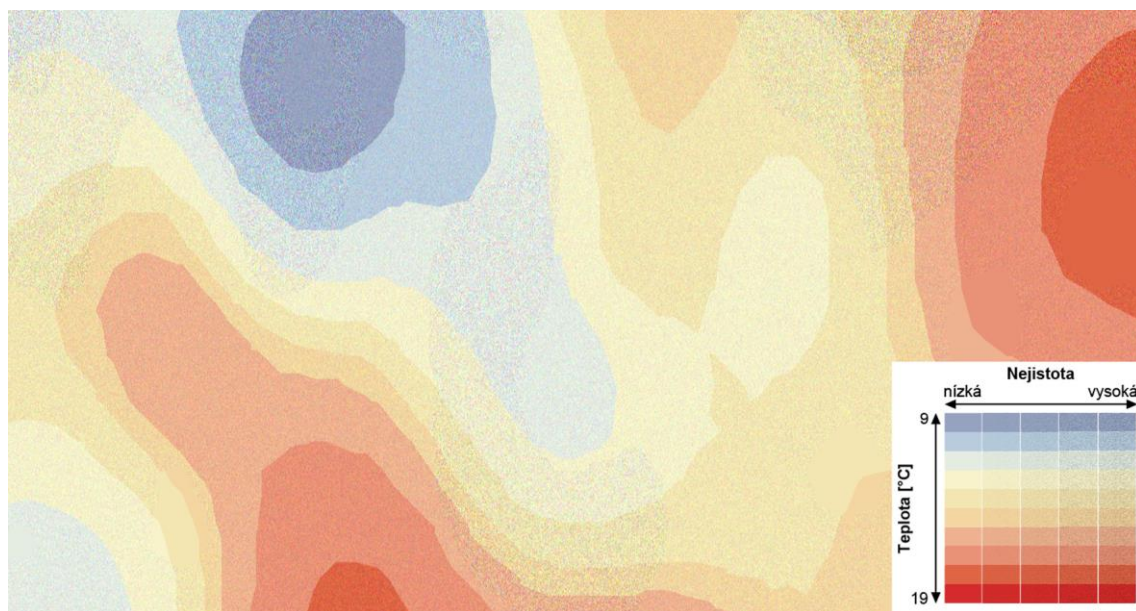
Poslední sekce byla tvořena plošnými znaky. Ty vyjadřovaly průměrnou teplotu na části území. Do původních dat byla zanesena pomocí masky informace o míře nejistoty

v jednotlivých částech rastru. Respondenti museli následně identifikovat místo s nejpřesnější nejvyšší nebo nejnižší teplotou. Otázka byla formulována následovně:

- „Vyberte lokalitu s nejpřesněji zaznamenanou nejnižší/nejvyšší teplotou.“

Na zobrazené mapě bylo úkolem vybrat nejnižší nebo nejvyšší vyjádřenou teplotu podle otázky, avšak s nejnižší mírou nejistoty.

Mapy byly doplněny legendou, která umožnila snadnější pochopení informace. Bylo použito 6 metod pro vizualizaci nejistoty, každá byla použita pro vytvoření dvou variant provedení.



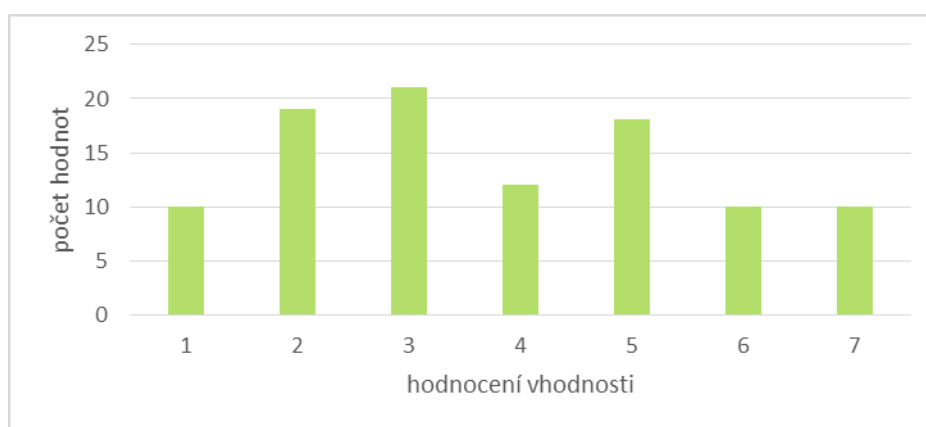
Obr. 4.3.7 Ukázka z plošné části experimentu

5 VÝSLEDKY

5.1 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření s cílem subjektivního ohodnocení jednotlivých znakových sad se zúčastnilo 100 respondentů. Věkové složení dotazovaných bylo 18 až 60 let, podle struktury pohlaví se jednalo o 60 mužů a 40 žen. Součástí dotazníku byla i informace o případné vrozené poruše barvocitu. Kladně na tuto otázku odpověděly 2 osoby a 4 vybraly variantu „nevím“. Po analýze dat však nebyla nalezena jejich výrazná difference vůči ostatním. Proto bylo možné jejich odpovědi v testu zachovat.

Výsledky jednotlivých sad byly uspořádány podle mediánu jejich jednotlivých dílčích hodnocení. Tento statistický ukazatel byl zvolen z důvodu odolnosti vůči ovlivnění extrémními hodnotami a jeho vyšší vhodnosti pro popis neznámého rozdělení. To je navíc u velké části ve formě nepravidelné křivky. Příklad rozložení hodnot obdrženého hodnocení znakové sady ukazuje graf na obrázku 5.1.1.



Obr. 5.1.1 Histogram hodnot udělených v dotazníku znakové sadě BD13

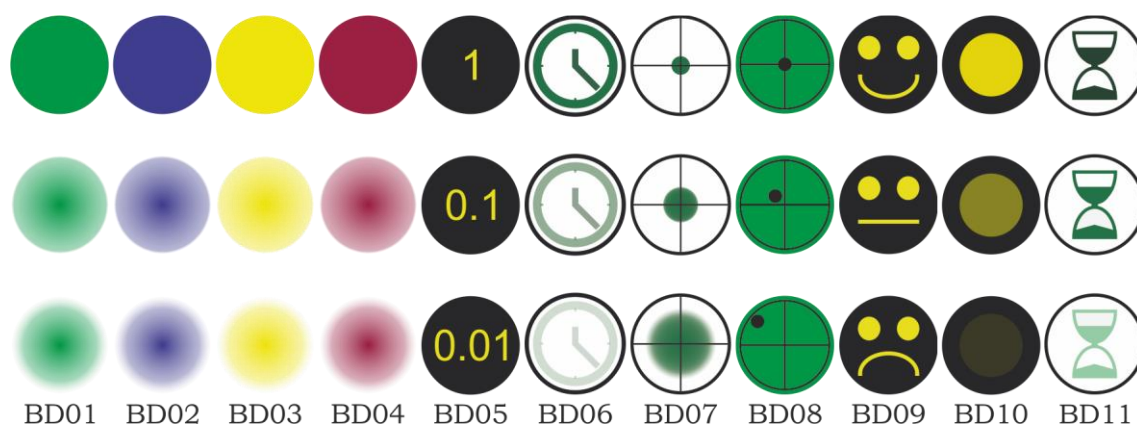
V případě, že došlo ke shodě mediánu u více sad, následovalo posouzení rozložení obdržených hodnot vhodnosti s využitím 1. a 3. kvartilu.

Mezi bodovými znaky došlo k nejlepšímu ohodnocení skupiny znaků označované jako „fuzzy“. Tato varianta znakové sady byla vypracována ve 4 barevných provedeních (viz obr. 5.1.2 – znaky BD01, BD02, BD03 a BD04). Cílem tohoto kroku byla snaha o posouzení vlivu barvy na výsledek vnímané vhodnosti. Tedy zda stejné znaky, pouze v odlišném barevném provedení, budou vnímány odlišně. Tato teorie se nepotvrdila a u všech bylo dosaženo obdobného výsledku. Mírně lepší vnímání bylo zaznamenáno u zelené verze, avšak tento fakt lze spíše přisuzovat preferenci zelené barvy mezi dotazovanými.

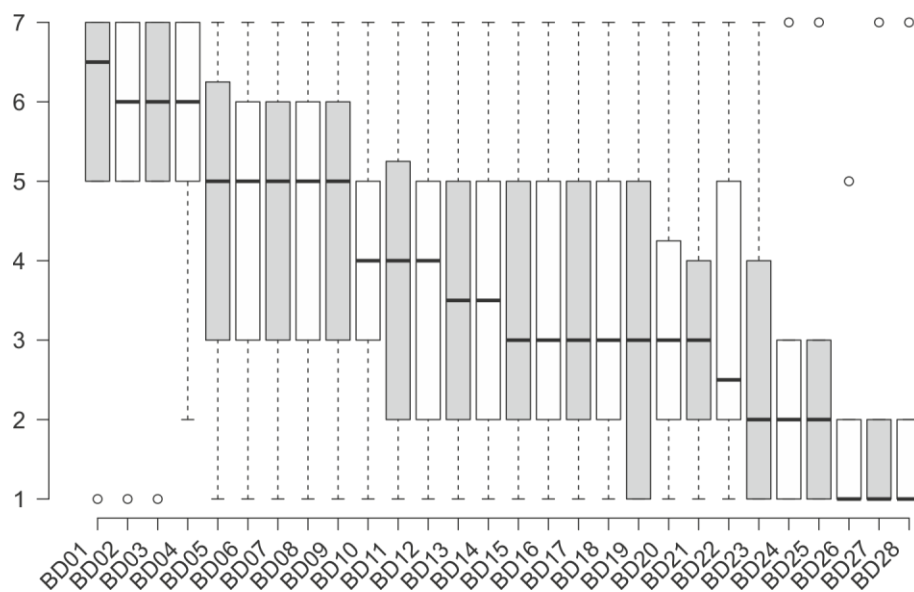
Za těmito znaky se umístil znak BD05. U něj je míra nejistoty vyjádřena pomocí číselné hodnoty umístěné ve středu znaku. Hodnota 1 odpovídá nejnižší míře nejistoty a 0,01 nejvyšší. Součástí dotazníku byla i verze, která měla opačné uspořádání nejistoty. Ale ta se umístila až na 23. místě s mediánem celkové vhodnosti 2. Původní myšlenkou při sestavování tohoto znaku byla snaha o evokování míry nejistoty za pomoci desetinných míst. Tedy hodnota s přesností na desetinné místo je méně přesná než hodnota s přesností na setiny. Avšak u respondentů došlo ke spojení těchto znaků

s pravděpodobností. V ní hodnota 1 představuje nejvyšší možnou pravděpodobnost, neboli jistý jev a s klesající hodnotou naopak dochází k jejímu poklesu.

V celkovém pořadí dále následují znakové sady související s vyjádřením prostorové a časové nejistoty. U znaku BD06 dochází pouze k narůstající průhlednosti umístěné grafické podoby hodin současně s rostoucí nejistotou. Znak hodin má však za úkol kromě vyjádření kvality informace také u čtenáře navodit souvislosti právě s časem, neboli přesněji s časovou přesností. Kromě této varianty byla vytvořena i verze se znakem přesýpacích hodin, její označení je BD11 a umístila se na 11. místě. Tyto velice podobné znaky dosáhly poměrně značně odlišných výsledků. Při hledání příčiny bylo zjištěno, že znak ciferníku s ručičkami dává čtenáři pocit další možnosti pro vyjádření informace. Avšak znaky v dotazníku je měly umístěny staticky bez snahy o takovýto projev.



Obr. 5.1.2 *Nejlépe vnímané bodové znakové sady z dotazníku*



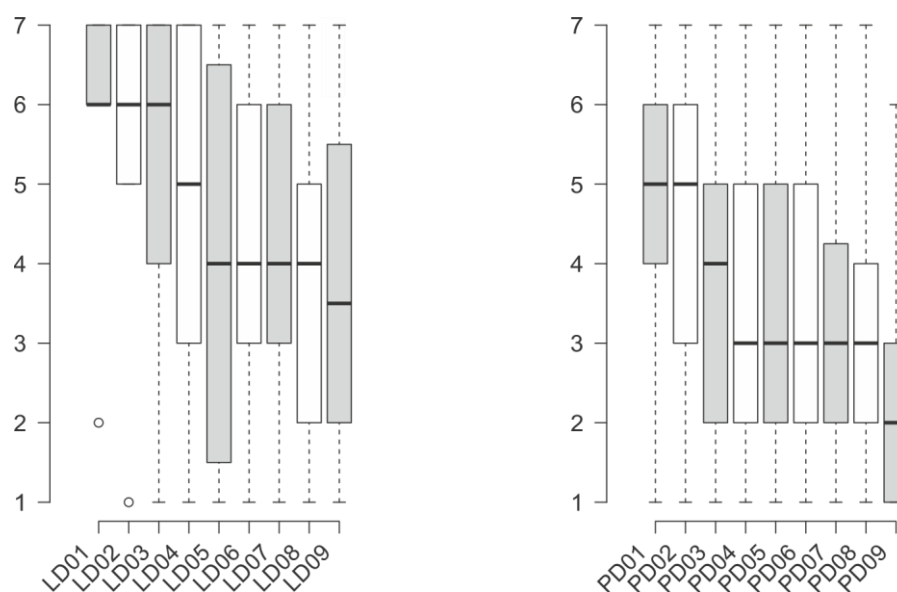
Obr. 5.1.3 *Vnímaná vhodnost jednotlivých bodových znakových sad (1 – nejhorší, 7 – nejlepší)*

Pro polohovou kvalitu informace byly vytvořeny sady BD07 a BD08. U první varianty je přesnost v prostoru navozena pomocí proměnné velikosti umístěného bodu. Jeho

velikost má čtenáři připomínat lokalizaci v prostoru. Tedy při vyšší míře nepřesnosti je nutné vymezit rozsáhlejší vyhledávací oblast. V případě vysoké přesnosti lze naopak stanovit cílové místo mnohem podrobněji a není nutné vymezovat tak rozsáhlé vyhledávací území. Druhá sada znaků vyjadřuje nejistotu za pomoci proměnlivé vzdálenosti mezi středem znaku a umístěným bodem. Střed představuje maximální možnou přesnost, a čím je bod vzdálenější, tak dochází k jejímu poklesu a současněmu nárůstu míry nejistoty.

Mezi účastníky výzkumu velice oblíbený znakový set BD09 využívá ke znázornění nejistoty symboliku lidského obličeje. Ten pomocí různého způsobu provedení úst evokuje ve čtenáři lidské náladu, konkrétně veselou, neutrální a smutek. K těmto vlastnostem je přiřazena míra nejistoty, která tyto pocity může podnítit. Konkrétně nízká odpovídá veselému a vysoká smutku. V celkovém hodnocení sady BD06 až BD09 dosáhly stejného výsledku.

Na 10. místě se umístila sada využívající proměnlivý parametr průhlednost. Vůči znakům typu BD01 je výhodou, že na její vnímání nemá vliv podklad, protože proměnná část znaku je umístěna na jednobarevné ploše. Avšak v tomto dotazníku nedošlo k umístění znaku na mapový podklad, takže případné ovlivnění pozadím nebylo možné posoudit.



Obr. 5.1.4 Vnímaná vhodnost jednotlivých liniových (vlevo) a plošných (vpravo) znakových sad (1 – nejhorší, 7 – nejlepší)

V druhé části dotazníku byly umístěny liniové znakové sady, celkově se jednalo o 9 grafických provedení. Nejlépe hodnocená varianta LD01 využívá k vyjádření nejistoty změnu struktury. Nejnížší míra je vyjádřena pomocí plné linie bez přerušení. Následný růst nejistoty je vyjádřen jejím přechodem do formy teček, s postupným nárůstem šířky vkládané mezery mezi body.

Dalšími nejlépe vnímanými liniovými sadami se staly ty, které využívají proměnný parametr průhlednost (LD02) a rozostření (LD03). Všechny tyto metody spojuje snaha o vyjádření nejistoty formou, která má čtenáři ihned navodit pocit, že informace je nepřesná, neurčitá, nejasná. U varianty LD03 dochází k poklesu detailů linie, která vede ve výsledku k poklesu možnosti rozeznání jejího přesného průběhu. LD02

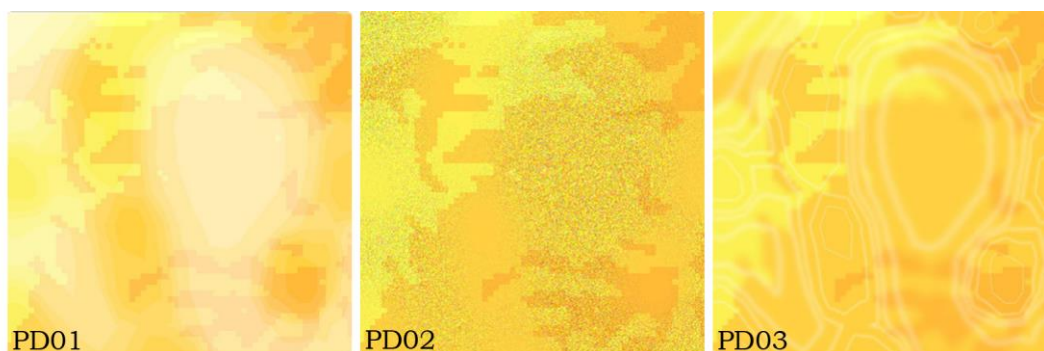
zase za pomoci průhlednosti potlačuje linii do pozadí. Tento proces navozuje pocit, že linie se ztrácí a jí nesená informace je hůře rozeznatelná, tedy nejistá.

Nejvíce rozporuplný výsledek byl zaznamenán u varianty, která využívá proměnlivou tloušťku linie. Došlo k vytvoření dvou jejích variant, u první je nejistota přímo úměrná tloušťce čáry (LD09), u druhé pak nepřímo úměrná (LD05). Cílem tohoto kroku byla snaha ověřit, jaký pocitový vjem evokuje proces rozšiřování linie. Zda zvyšuje přesvědčení, že jev se v daném místě nachází či naopak. Výsledek dokazuje skutečnost, že tenká linie je vnímaná jako neurčitá, nejasná. Silnější pak dává pocit jistoty.



Obr. 5.1.5 *Nejlépe hodnocené liniové sady*

Poslední část dotazníku byla věnována plošným znakům, celkově se jednalo o 9 variant. U jednotlivých vizualizací nebyla umístěna legenda, takže rozeznání míry nejistoty v jednotlivých částech rastru bylo ztíženo. Nejlépe byla vyhodnocena sada využívající efekt mlhy (PD01), tedy, že s nárůstem nejistoty je plocha zesvětlována a ztížena tak identifikace původních dat. Tento projev je i velkou nevýhodou tohoto provedení, protože roste náročnost interpretace původních dat.



Obr. 5.1.6 *Nejlépe hodnocené plošné sady*

Druhou nejlépe vnímanou verzí se stala varianta (PD02), která přidává do původních dat náhodné pixely a vytváří tak dojem šumu. Nárůst jeho intenzity přímo koreluje s poklesem kvality informace. Vůči předchozí variantě PD01 zde nedochází k tak výraznému potlačení původních dat.

Dále se umístila metoda, která původní data rozdělí do zón se stejnou mírou nejistoty (PD03). Její úroveň je následně vyjádřena pomocí tloušťky hraničních linií.

Tato část diplomové práce měla za úkol pouze získat informaci o vnímané míře vhodnosti jednotlivých provedení pro znázornění nejistoty. Náročnost na získání informace a správnost interpretace dat bude vyhodnocena až v následném eye-tracking experimentu.

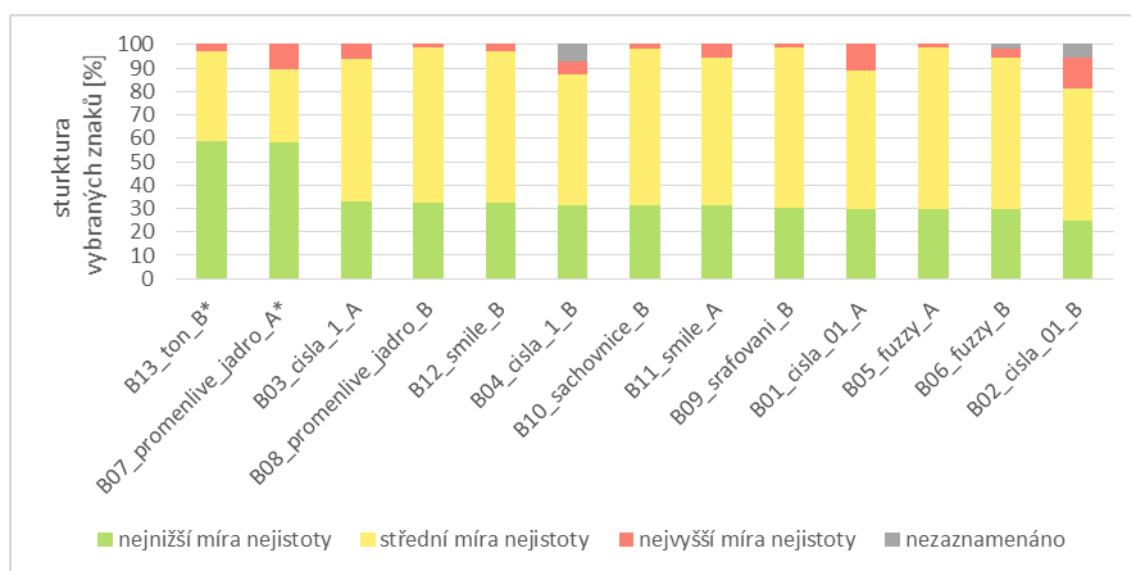
5.2 Eye-tracking experiment

Výsledky tvoří vyhodnocení několika sledovaných parametrů. Na základě nich lze stanovit celkovou vhodnost znakové sady pro vyjádření nejistoty. Konkrétně se jedná o správnost a strukturu odpovědí na otázky zahrnuté v experimentu, které vypovídají o tom, zda byla sada správně pochopena. Dále byla provedena analýza kognice respondenta pomocí vyhodnocení doby strávené na trialu (*Trial duration*), průběhu čtení mapy a celkové délce trajektorie oka v rámci stimulu (*Gaze length*). Tyto parametry mohou identifikovat náročnost sady na pochopení a úroveň její intuitivnosti. Pro posouzení vhodnosti jednotlivých typů legendy bylo také provedeno porovnání doby směřování zraku do oblasti jejího umístění. Vhodnější varianta by měla být snadněji pochopena a respondent by tak interakci s ní měl věnovat kratší čas. Vliv kartografického vzdělání byl posouzen za pomoci sestavení dílčích výsledků pouze pro tyto specifické skupiny.

5.2.1 Bodové znaky

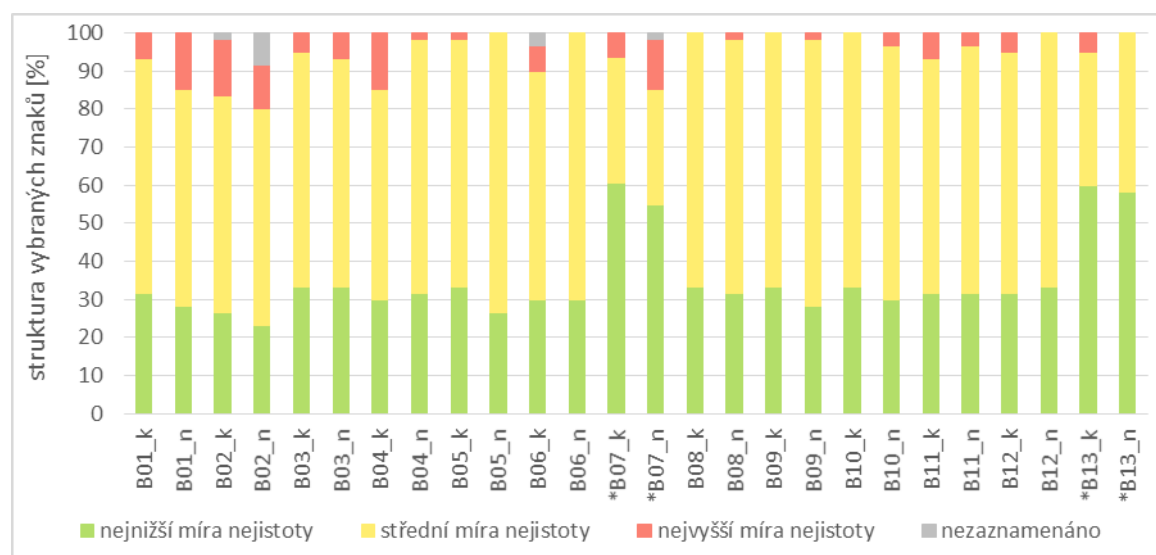
Správnost odpovědí v této části experimentu byla vyhodnocena na základě počtu vybraných znaků odpovídající konkrétní míře nejistoty. Nejlépe byly vyhodnoceny znaky s její nejnižší mírou. Kromě trialů se sadami B13 a B07 však byly vždy zastoupeny pouze v jednom výskytu. Zmiňované trialy obsahovaly tyto body dva, aby bylo možné posoudit, zda se tato anomálie projeví v celkových výsledcích. Tedy zda respondenti budou hledat i další znak s nejnižší nejistotou v případě, že jeden už byl vybrán. Celkově měl každý respondent za úkol vybrat tři nejvhodnější znaky, musel tedy vhodně doplnit svůj výběr i znaky nesoucími méně kvalitní informaci.

Ze znaků se znázorněným pouze jedním znakem nejnižší nejistoty byla nejlépe vyhodnocena sada B03. Zastoupení těchto znaků v celkovém výběru bylo 33,3 %. Lze tedy konstatovat, že se tato grafická podoba jeví jako nejintuitivnější. To dokládá i skutečnost velmi nízkého počtu vybraných znaků s nejvyšší mírou nejistoty, ty dosáhly na celkovém počtu zastoupení 5,8 %. Velice vyrovnaného výsledku dosáhla i při srovnání mezi skupinou kartografů a laiků (viz obr. 5.2.1.2). Lze tedy konstatovat, že tato sada je vhodná pro široké nasazení.



Obr. 5.2.1.1 Struktura vybraných znaků podle míry nejistoty
(*stimul obsahoval 2 znaky s nejnižší mírou nejistoty, ostatní pouze 1)

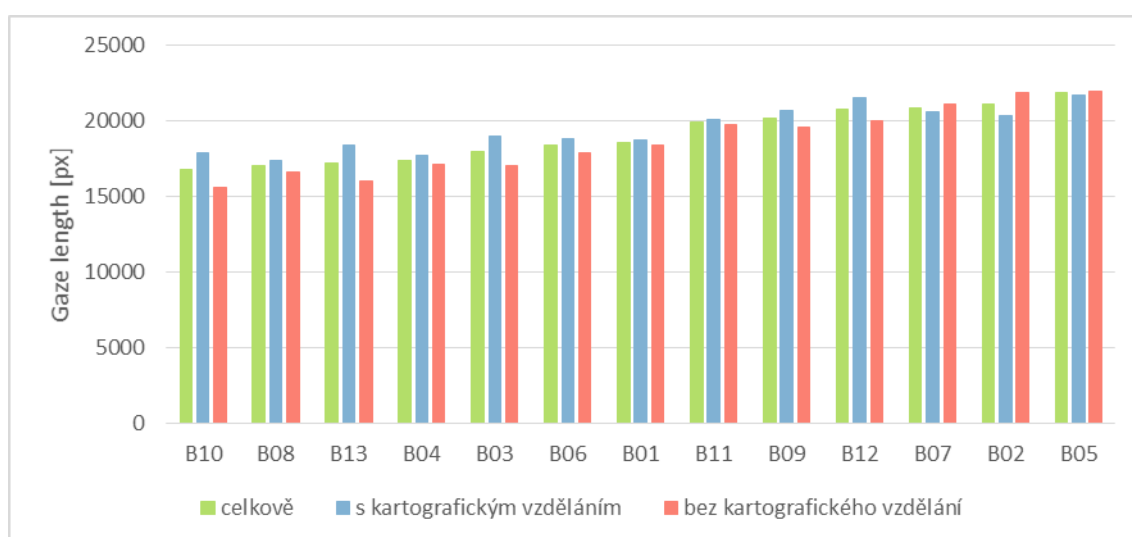
Dále se umístily se shodným výsledkem sady B08 a B12 s podílem vybraných znaků nejnížší nejistoty 32,5 %. (viz obr. 5.2.1.1). Celkově dopadla lépe skupina kartografů, která vybrala 282 znaků s nejnížší nejistotou, kdežto laikové pouze 266.



Obr. 5.2.1.2 Srovnání struktury vybraných znaků podle míry nejistoty mezi respondenty s kartografickým vzděláním (k) a bez něj (n) (*stimul obsahoval 2 znaky s nejnížší mírou nejistoty, ostatní pouze 1)

Parametr délky trajektorie lidského oka lze využít pro identifikaci obtížnosti nebo srozumitelnosti zadané otázky. Celkový nejlepší výsledek byl zaznamenán u sady B10. Ten lze přisuzovat poměrně výraznému grafickému rozlišení jednotlivých úrovní nejistoty. Hodnoty její délky uvedeny v tab. 5.2.1.1. Na druhém místě se umístila sada B08 a na třetím B13.

Délka trajektorie kartografů byla průměrně o 2,2 % delší a to především u složitějších grafických provedení znaků, výjimku tvoří sady B02, B05 a B07. Poměrně významný rozdíl je také patrný na umístění trialů podle zvoleného typu legendy. První čtyři místa obsadily stimuly s variantou B, která komponuje míru nejistoty přímo do znaku jevu.



Obr. 5.2.1.3 Průměrná délka dráhy zraku respondenta

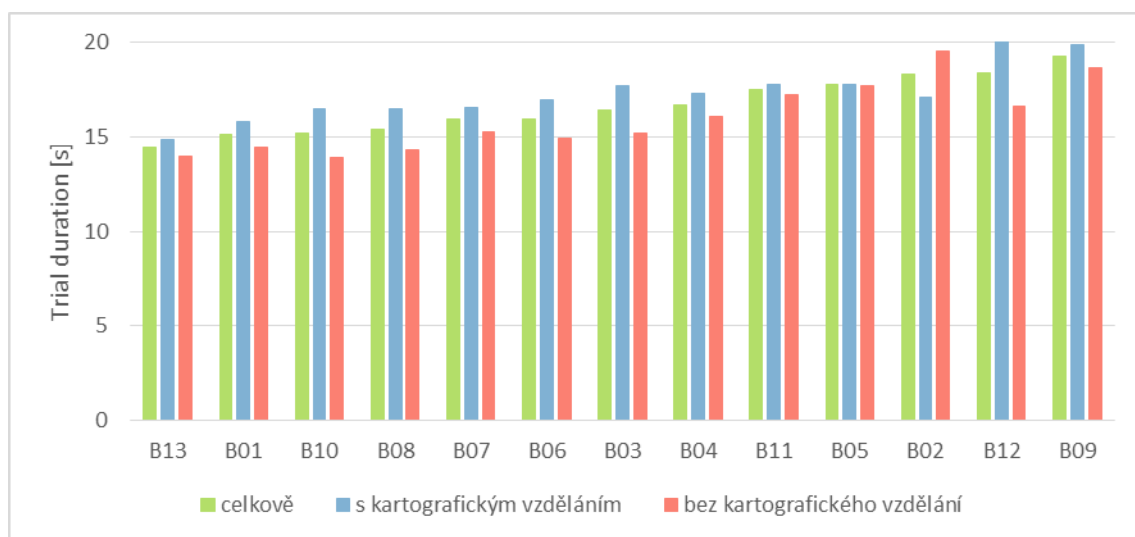
Tab. 5.2.1.1 *Průměrné hodnoty parametru Gaze length u bodových stimulů*

Trial	Gaze length [px] celkem	Gaze length [px] kartograf	Gaze length [px] laik
B10	16 778,3	17 939,5	15 617,2
B08	17 031,3	17 410,7	16 651,9
B13	17 195,3	18 391,0	15 999,6

Dalším srovnávaným parametrem byla průměrná doba, kterou respondenti strávili na konkrétním stimulu. Na jeho základě lze stanovit, jak byla znaková sada náročná na pochopení a získání informace. U výsledků trialů B07 a B13 mohlo dojít k ovlivnění větším množstvím znázorněných bodů s nejnižší nejistotou. Ty mohly způsobit urychlení výběru a tak je zvýhodnit vůči ostatním.

Díky znalosti struktury vybraných odpovědí respondentů lze také ověřit, zda rychle pochopená znaková sada byla současně interpretována správně. Příkladem může být sada B10, která ve správnosti skončila až na 10. místě, kdežto v době nutné pro výběr odpovědi po vynechání B07 a B13 na 1. místě.

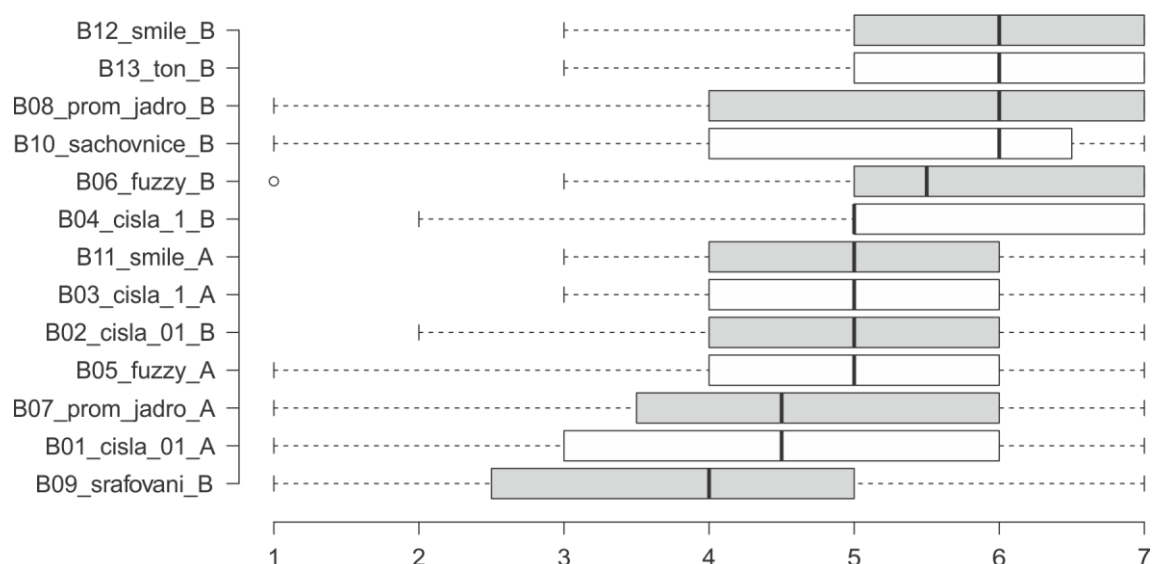
Nejlépe vyhodnocené sady na základě tohoto parametru tedy jsou B01, B10 a B07. Ve srovnání skupin respondentů kartografové věnovali každému trialu v průměru o 4 s delší čas, výjimku tvoří pouze sada B02.



Obr. 5.2.1.4 *Průměrná doba zobrazení stimulu*

Vyhodnocení vhodnosti po absolvování eye-tracking testování dopadlo ve prospěch znakových sad B12 a B13 (viz obr 5.2.1.5). Dosáhly totožného výsledku s mediánem celkového hodnocení 6. Za nimi následující sady B08 a B10 také dosáhly mediánu 6, ale jejich hodnocení obsahuje výrazně nižší známky vnímané míry vhodnosti, díky tomu byly zařazeny na 3. a 4. místo.

Ve srovnání preferencí typu legendy obsadilo prvních 6 míst provedení B (viz obr. 4.3.3). Lze tedy konstatovat, že uživatelé toto provedení preferují a také na základě jednotlivých dílčích hodnocení ho lze doporučit jako vhodnější variantu.



Obr. 5.2.1.5 Hodnocení vhodnosti jednotlivých znakových sad (1 nejméně, 7 nejvíce)

Tab. 5.2.1.2 Celkové hodnocení bodových znakových sad

Znaková sada	Pořadí na základě parametru				Celkové umístění
	Správnost odpovědí	Trial duration	Gaze length	Vnímaná vhodnost	
B13_ton_B*	1	1	3	2	1
B08_prom_jadro_B	4	4	2	3	2, 3
B10_sachovnice_B	7	3	1	4	
B03_cisla_1_A	3	7	5	8	4
B04_cisla_1_B	6	8	4	6	5
B12_smile_B	5	12	10	1	6
B06_fuzzy_B	12	6	6	5	7, 8
B07_prom_jadro_A*	2	5	11	11	
B01_cisla_01_A	10	2	7	12	9
B11_smile_A	8	9	8	7	10
B05_fuzzy_A	11	10	13	10	11, 12
B09_srafovani_B	9	13	9	13	
B02_cisla_01_B	13	11	12	9	13

*stimul obsahoval 2 znaky s nejnižší mírou nejistoty, ostatní pouze 1

Tab. 5.2.1.2 obsahuje pořadí znakových sad v rámci jednotlivých hodnocených kritérií. Nejlepšího výsledku dosáhly sady B13, B08 a B10. Opět je ale nutné upozornit na možné zkreslení výsledku u sady B07 a B13.

V případě vyhodnocení jednotlivých znakových sad pomocí sloučení výsledků obou trialů, které ji obsahují a liší se pouze zvolenou variantou legendy, dosáhla by nejlepšího výsledku dvojice B03/B04.

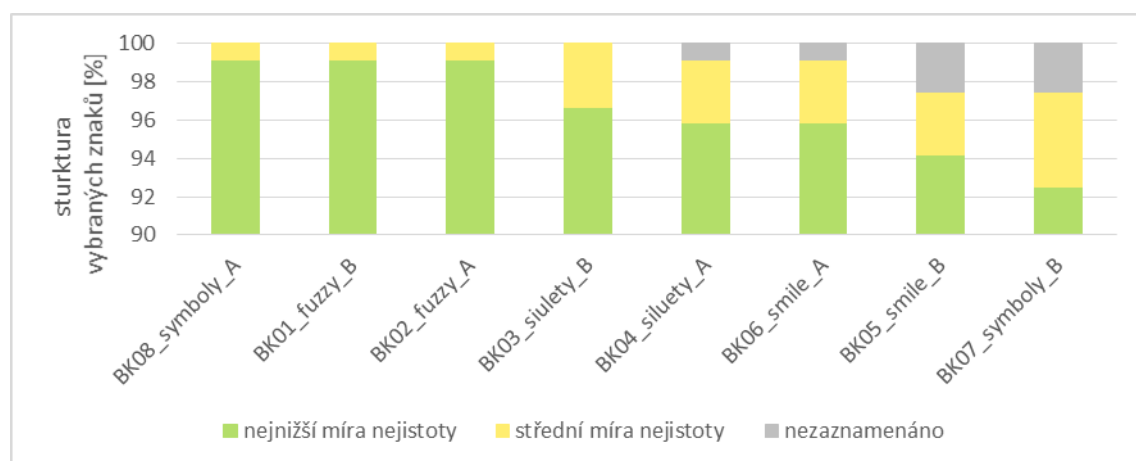
V následující části došlo k současnému znázornění více jevů pomocí stejné znakové sady, k vzájemnému odlišení bylo použito pouze její různé barevné provedení. Cílem bylo posouzení, zda navržené znaky je možné pro tento účel využít. Celkem byly vybrány 2 sady z již navržených a 2 byly speciálně pro tuto část sestaveny.

U navržených symbolických a siluetových znaků není možné zajistit jejich univerzální nasazení s ohledem na tematické zaměření. Použité znaky lze však chápat jako vzorek těchto metod a na základě jimi dosažených výsledků následně provést sestavení obdobných znaků pro konkrétní úkol.

U symbolických znaků byla parametrem míry nejistoty zvolena jejich průhlednost. V případě detailního propracování znaků se však tento krok ukázal jako problémový, protože na podkladu došlo ke ztížení rozeznání úrovně nejistoty. Tato skutečnost je viditelná na obr. 5.2.1.6, kde stejná metoda v provedeních BK07 a BK08 dosáhla diametrálně odlišných výsledků. Horší výsledek jednoho z trialů je možná zaviněn i umístěným typem legendy B (viz obr. 4.3.3), u kterého byla v porovnávaných sadách zaznamenána vyšší chybovost v odpovědích.

V celkovém hodnocení správnosti odpovědí obsadily stimuly BK08, BK01 a BK02 stejného výsledku a to 98 %. Znaková sada označovaná jako „fuzzy“ umístěná na stimulech BK01 a BK02 dosáhla nejvyrovnanějšího výsledku (viz obr. 5.2.1.6).

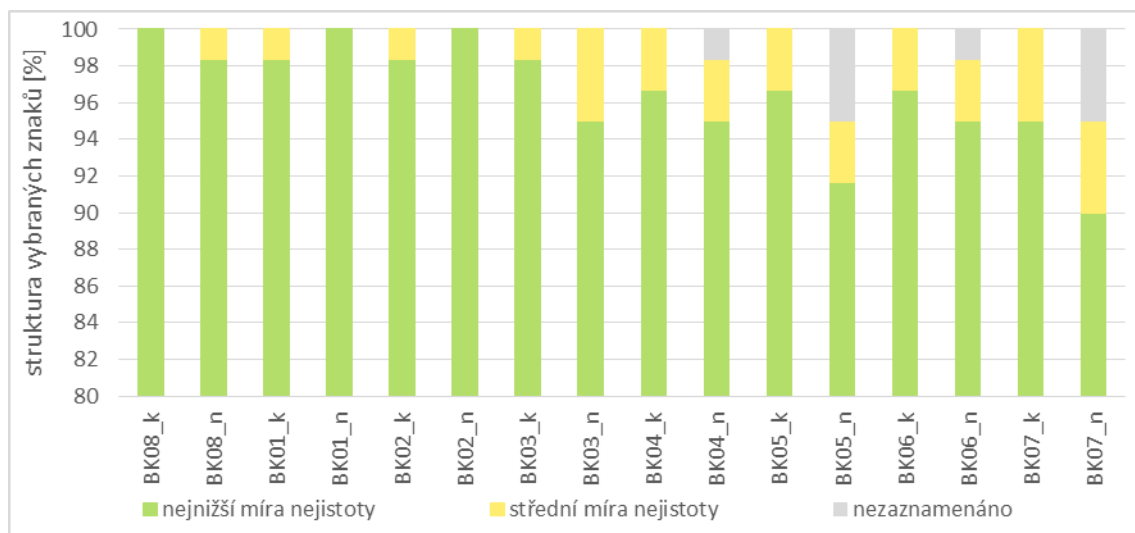
Celkově nejhoršího hodnocení dosáhla znaková sada „smile“, na trialech BK05 a BK06. Kvůli zajištění kontrastu mezi znakem a mapovým podkladem došlo k volbě poměrně výrazných barevných odstínů pro tyto znaky. Ty však ve výsledku vedly k navození poměrně nepříjemného pocitu při čtení této mapy a došlo tak ke ztížení získání informací a orientace mezi jevy. Správnost odpovědí u BK06 byla 95,8 % a u BK05 94,1 %. Nejhuře vyhodnocená sada BK07 dosáhla 92,5 % správných odpovědí.



Obr. 5.2.1.6 Struktura vybraných znaků podle míry nejistoty

V případě srovnání struktury vybraných typů znaků mezi kartografy a laiky je patrné, že v případě druhé skupiny často nastávala situace, ve které nedošlo v časovém limitu k výběru odpovědi (viz obr. 5.2.1.7). Tento jev lze přisuzovat poměrně vysokému množství umístěných znaků na trialu, ve kterých bylo pro čtenáře obtížné se zorientovat a docházelo tak k výraznému nárůstu náročnosti vyhodnocení znázorněných informací. Tento projev byl navíc na některých trialech umocněn zvolenou legendou ve variantě B (viz obr. 4.3.3), protože díky její podobě došlo k dalšímu nárůstu počtu znaků. Tento jev

je nejvíce patrný u variant BK05 a BK07, kde dosáhl 2,5 % podílu z možných odpovědí, u kartografů se však neprojevil.

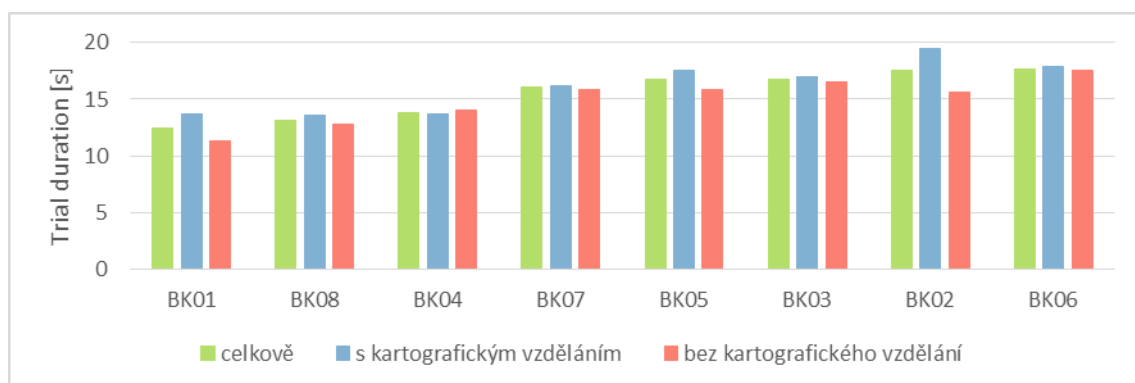


Obr. 5.2.1.7 Srovnání struktury vybraných znaků podle míry nejistoty mezi respondenty s kartografickým vzděláním (k) a bez něj (n)

Nejkratší průměrný čas strávili respondenti na trialu BK01, lze tedy říct, že se jedná o aplikaci nejsnáze pochopitelné znakové sady (viz obr. 5.2.1.8). Konkrétně se jednalo o 12,4 s. Rozdíl mezi kartografy a laiky činil 2,3 s ve prospěch druhé skupiny. Na základě tohoto a předchozího výsledku lze hodnotit toto provedení jako velice úspěšné.

O 0,7 s delšího průměrného času dosáhl trial BK08, avšak ve srovnání respondentů podle vzdělání bylo dosaženo vyrovnanějšího výsledku s rozdílem pouze 0,8 s ve prospěch laiků.

Kromě trialu BK04 byl čas laiků vždy kratší, v celkovém součtu za všechny stimuly pak činil rozdíl 9,4 s. Ve srovnání legend nedošlo k žádné výrazné dominanci ani jedné varianty. Lze tedy konstatovat, že její provedení výrazně neovlivnilo rychlost odpovědi.

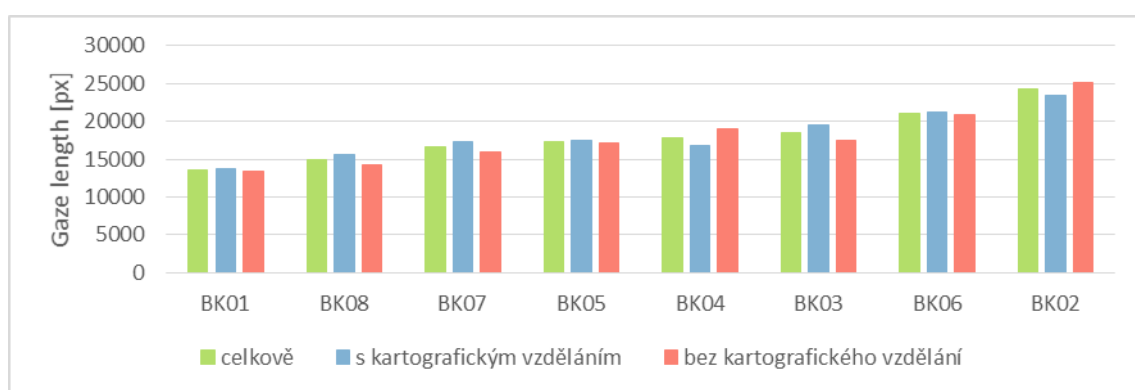


Obr. 5.2.1.8 Průměrná doba zobrazení stimulu

Průměrná délka oční trajektorie byla nejkratší u trialu BK01 a to 13 579 px. Na druhém místě se umístil stimul BK08 s délkou 14 930 px, na třetím pak BK07 s 16 599 px.

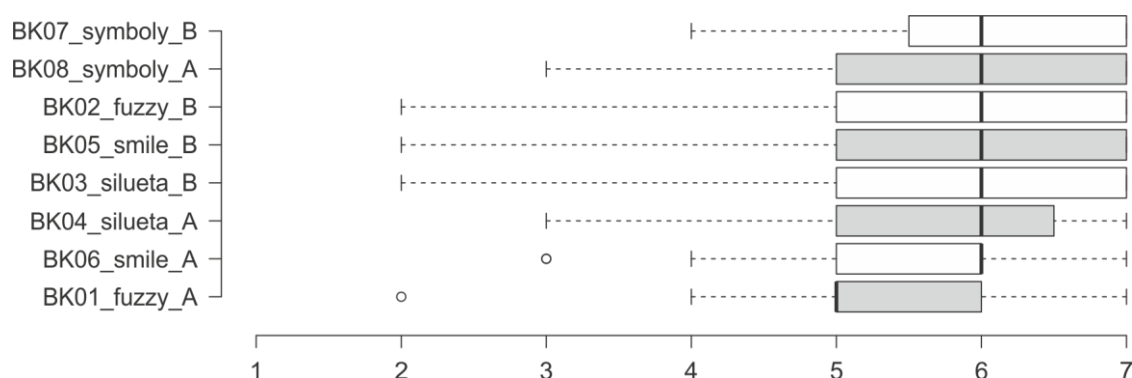
Nejhoršího výsledku bylo dosaženo u sady, která dosáhla v předchozích parametrech velice dobrých umístění, konkrétně se jedná o BK02. U ní došlo k extrémnímu odchýlení vůči ostatním trialům s průměrnou délkou trajektorie 24 301 px. Hodnota mediánu 23 397 px dokazuje, že tato hodnota není výsledkem ovlivnění pouze jednou výraznou diferencí.

Příčinu lze hledat v procesu samotného sestavení mapy, ve kterém u tohoto stimulu nedošlo v jednom znázorňovaném jevu k zobrazení znaku s nejnížší mírou nejistoty. Proto se stal nejvhodnějším výběrem znak s její střední mírou. Respondenti však podle legendy znak s nejnížší nejistotou identifikovali a pokusili se ho vyhledat. Z tohoto důvodu je hodnota délky oční trajektorie tak výrazně odlišná. Tato situace byla vytvořena pro možnost posouzení způsobu čtení mapy. Na základě zjištěné informace lze konstatovat, že v tomto případě nejprve dochází k výběru nejvhodnějšího znaku v legendě a poté dochází k pokusu o jeho nalezení v mapovém poli.



Obr. 5.2.1.9 Průměrná délka dráhy zraku respondenta

Úroveň vnímané vhodnosti pro vyjádření nejistoty je nejvyšší u stimulu BK07 s mediánovou hodnotou 6. Stejného mediánu bylo dosaženo i u dalších šesti následujících sad (viz obr. 5.2.1.10), avšak jejich rozložení dílčích hodnocení dosáhlo nižší integrity.



Obr. 5.2.1.10 Hodnocení vhodnosti jednotlivých znakových sad (1 nejméně, 7 nejvíce)

V konečném pořadí (tab. 5.2.1.3) sestaveném na základě vyhodnocení jednotlivých parametrů se umístil nejlépe trial BK08. Jeho dílčí výsledky se umístili vždy na 1. nebo 2. místě. Lze tak konstatovat, že tato znaková sada v kombinaci s legendou ve variantě A je pro vyjádření nejistoty se současným znázorněním více jevů

nejvhodnější. Její obdoba s legendou ve verzi B se umístila na 3. místě, mezi respondenty se však toto provedení jeví jako nejlépe vnímané.

Pro kartografické laiky lze však na základě výsledků doporučit znakovou sadu „fuzzy“ (BK01, BK02). U ní nedocházelo k tak výrazné náročnosti na pochopení, která u ostatních znakových sad vedla k vypršení limitu pro zobrazení stimulu bez dokončení výběru nejvhodnějších znaků (viz obr. 5.2.1.7).

Tab. 5.2.1.3 Celkové hodnocení bodových znakových sad – více jevů

Znaková sada	Pořadí na základě parametru				Celkové umístění
	Správnost odpovědí	Trial duration	Gaze length	Vnímaná vhodnost	
BK08_symboly_A	1	2	2	2	1
BK01_fuzzy_B	2	1	1	8	2
BK07_symboly_B	8	4	3	1	3
BK04_siluety_A	5	3	5	6	4
BK05_smile_B	7	5	4	4	5
BK02_fuzzy_A	3	7	8	3	6, 7
BK03_siulety_B	4	6	6	5	
BK06_smile_A	6	8	7	7	8

5.2.2 Bodové znaky – časová a polohová přesnost

Mezi vytvořenými znaky bylo i několik určených speciálně pro vyjádření prostorové a časové přesnosti dat. V celkovém počtu se jednalo o 4 různé znakové sady (2 pro časovou a 2 pro polohovou přesnost).

Jejich použití v mapě nespočívá v samostatném umístění, ale pouze jako doplnění kvality informace k již znázorňovanému jevu. Tedy ke každému znaku jevu je následně přiřazen znak prostorové a časové přesnosti. Na jejich základě je pak možné stanovit obsaženou míru jak konkrétního typu nejistoty, tak celkovou.

Do experimentu byly umístěny mapové kompozice, které obsahovaly jak jeden jev, tak současně jevů více. Díky tomu bylo možné ověřit, zda i s tak vysokým počtem znaků je mapa stále použitelná a srozumitelná v praktickém nasazení. Samozřejmě byly identifikovány rozdíly v přístupu čtení mapy mezi kartografy a laiky. Ke zjištění nejvhodnější kombinace znaků časové a prostorové přesnosti došlo k sestavení všech možných variací navržených znakových sad.

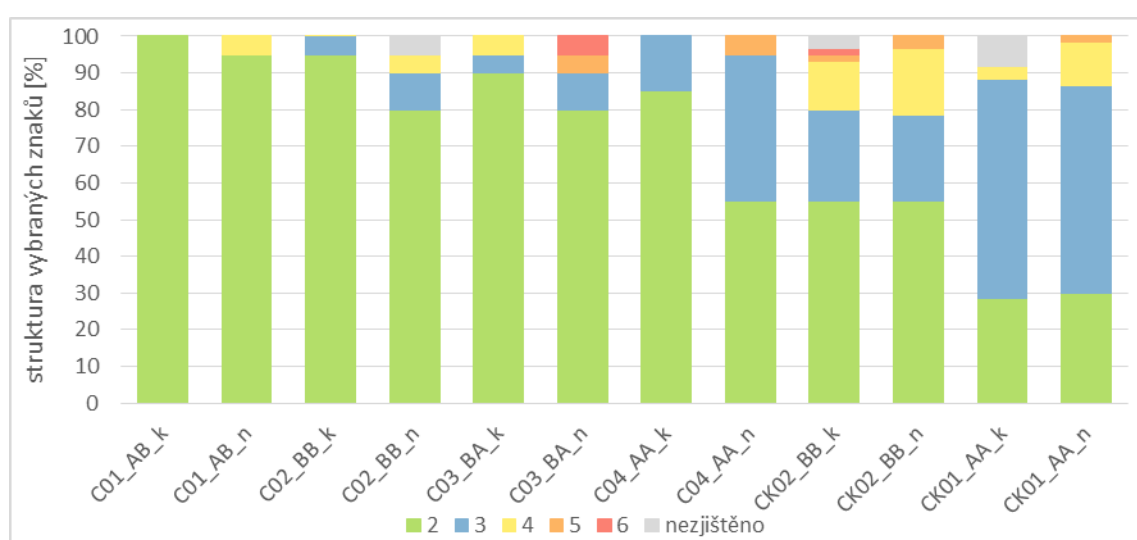
Díky tomu, že byla posuzována celková vhodnost obou znaků, nebylo možné použít jako u předchozích bodových znaků hodnocení pouze se třemi úrovněmi. V této části proto došlo ke specifickému vyhodnocení kvality informace na základě součtu jednotlivých úrovní časové a prostorové přesnosti. Celkem tak bylo sestaveno 5 úrovní výsledné přesnosti, u které nižší hodnota odpovídá vyšší míře kvality informace.

Úkolem respondentů bylo opět vybrat znak, u kterého predikovali nejvyšší kvalitu informace a tedy šanci výskytu jevu. Museli tedy stanovit celkovou míru nejistoty konkrétního znaku na základě připojených znaků časové a prostorové přesnosti.

Struktura vybraných znaků na jednotlivých trialech podle jejich celkové úrovně nejistoty je znázorněna na obr. 5.2.2.1. Mezi stimuly znázorňující jeden jev (C01 až C04) se nejlépe umístil C01. U kartografů dosáhl naprosté úspěšnosti a mezi laiky 95 %.

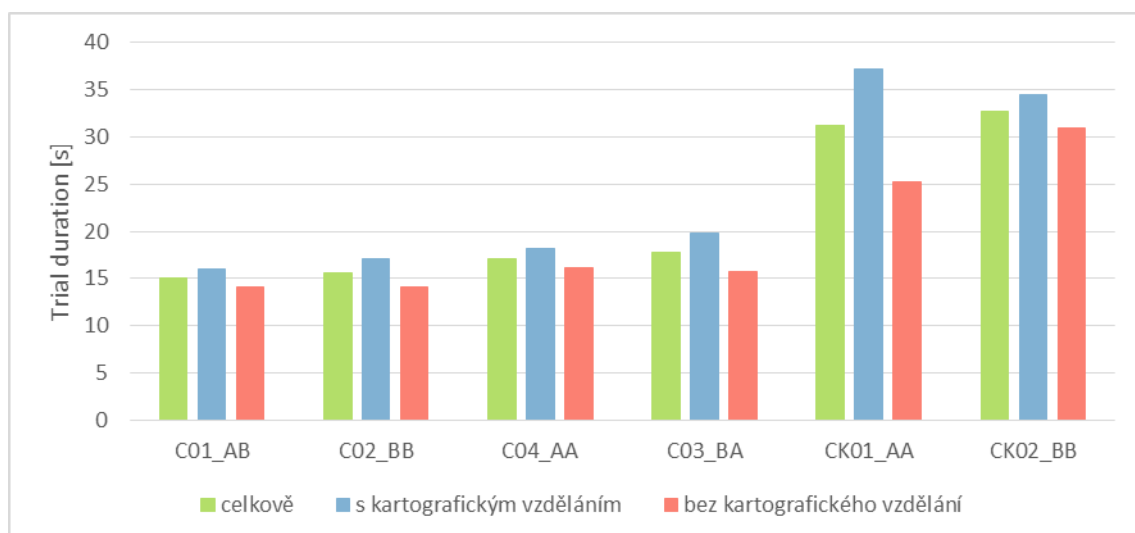
V celkovém srovnání těchto dvou skupin je pozorovatelná celková vyšší úspěšnost mezi osobami s kartografickým vzděláním. Tento charakteristický rys lze přisuzovat vyšší náročnosti na pochopení díky vysokému množství znaků v mapě. Nejhorší výsledek byl zaznamenán u C04, kde výběr nejvhodnějšího znaku představoval pouze 70 %. To především díky skupině laiků, u kterých výběr dosáhl pouze 55 %.

U stimulů s více jevy (CK01, CK02) byl výsledek jednoznačně lepší u CK02. Podíl znaků s nejvyšší kvalitou informace představoval celých 55 %. U druhé varianty se jednalo pouze o 29 %. Ve srovnání s předcházejícími výsledky si lze povšimnout dosažení téměř totožného výběru nejvhodnějších znaků mezi kartografy a laiky. Ve struktuře dalších vybraných úrovní nejistoty se však laické umísťují lépe. U kartografů dokonce nedošlo k výběru 3 % znaků u CK02 a 8 % u CK01. To lze přisuzovat již zmiňované náročnosti na získání informace tohoto provedení.



Obr. 5.2.2.1 Srovnání struktury vybraných znaků podle míry nejistoty mezi respondenty s kartografickým vzděláním (k) a bez něj (n)

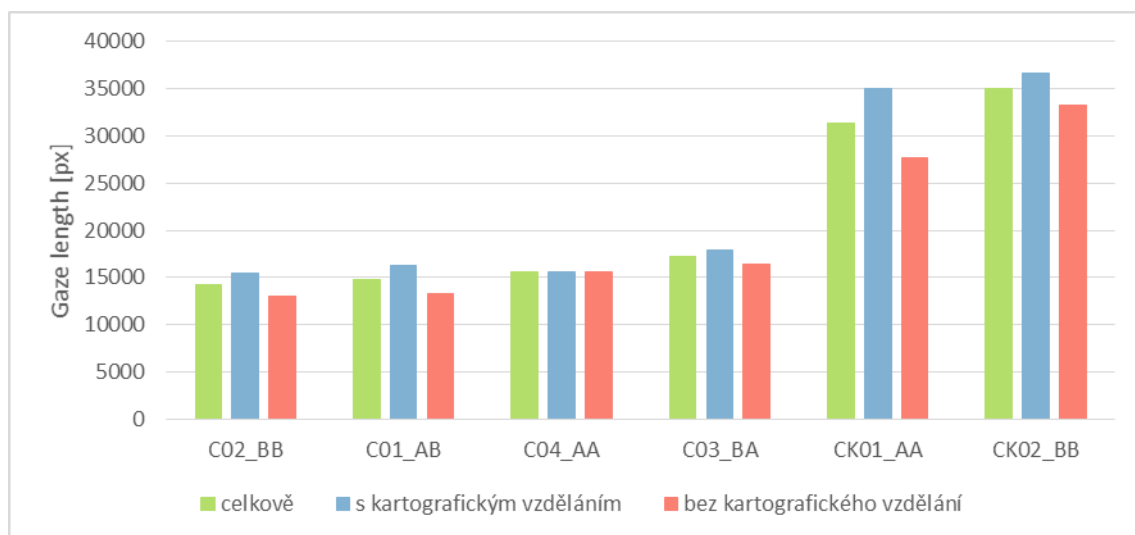
Nejkratší průměrná doba, kterou respondent strávil výběrem odpovědi na trialu s jedním jevem byla 15 s a to u C01 (viz obr. 5.2.2.2). Rozdíl mezi kartografy a laiky byl v tomto případě 2 s. V celkovém rozdílu součtu časů všech stimulů se jednalo o 10 s. Z tohoto výsledku lze vyvodit závěr, že kartografové věnovali analýze jednotlivých znaků delší čas, díky tomu bylo pravděpodobně dosaženo větší množství správných odpovědí (viz obr. 5.2.2.1).



Obr. 5.2.2.2 Průměrná doba zobrazení stimulu

U stimulů s více jevy dopadl lépe CK01 a to s časem 31,2 s vůči 32,7 s u CK02. Avšak opravdu významný rozdíl nastává opět mezi oběma sledovanými skupinami respondentů a to 12 s u CK01 a 3 s u CK02.

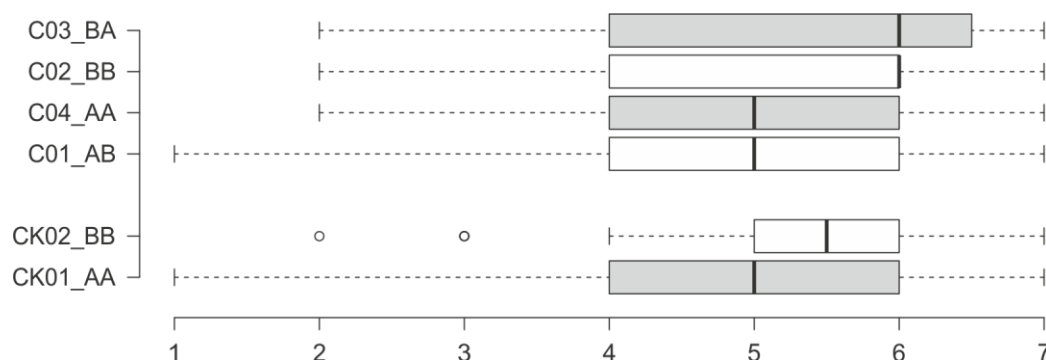
Ve vyhodnocení délky dráhy zraku u trialů s jedním jevem se nejlépe umístil C02 s 14 202 px a C01 s 14 759 px. Předchozí předpoklad, že kartografové věnovali studiu mapových kompozic větší úsilí, je i zde patrný, protože součet průměrných délek jejich drah u všech stimulů je o 6 952 px delší. U trialů s více jevy dopadla opět lépe varianta CK01 s průměrnou délkou 31 332 px, vůči 34 982 px u CK02.



Obr. 5.2.2.3 Průměrná délka dráhy zraku respondenta

Vnímané vhodnosti jednotlivých provedení dosáhly velice podobných výsledků. Nejlépe byla ohodnocena varianta C03 s mediánem dílčích hodnocení 6. Stejný výsledek byl dosažen i C02, avšak její rozložení hodnot dosáhlo horších parametrů, proto byla odsunuta až na 2. místo. Zbývající dvě varianty C01 a C04 dosáhly mediánu 5, stejné byly i hodnoty kvartilů. Z tohoto důvodu došlo ke srovnání nejnižšího získaného hodnocení, které dopadlo v neprospěch varianty C01.

Mezi trialů s více jevy zvítězila ve vnímané vhodnosti varianta CK02 s mediánem 5,5. Druhé provedení CK01 dosáhlo jeho hodnoty pouze 5, avšak i přesto se jedná o poměrně podobný výsledek.



Obr. 5.2.2.4 Hodnocení vhodnosti jednotlivých znakových sad (1 nejméně, 7 nejvíce)

V celkovém vyhodnocení všech sledovaných parametrů (viz tab. 5.2.2.1) dopadlo nejlépe provedení C02_BB. Všechna jeho umístění byla na 1. nebo 2. pozici. Za ním se umístila varianta C01_AB. Její horší výsledek je způsoben především nejnižším získaným hodnocením vnímané vhodnosti. V parametrech správnosti odpovědi a průměrné době strávené na stimulu naopak dosáhla nejlepšího výsledku. Pouze ve srovnání celkové průměrné dráhy pohledu se zařadila až za vítěznou C02_BB.

Tab. 5.2.2.1 Celkové hodnocení časových a prostorových bodových znakových sad

Znaková sada	Pořadí na základě parametru				Celkové umístění
	Správnost odpovědi	Trial duration	Gaze length	Vnímaná vhodnost	
C02_BB	2	2	1	2	1
C01_AB	1	1	2	4	2
C03_BA	3	4	4	1	3
C04_AA	4	3	3	3	4
CK01_AA	2	1	1	2	1, 2
CK02_BB	1	2	2	1	

Z výsledku je patrné, že nejvhodnější pro vyjádření prostorové přesnosti je znaková sada B. U časové přesnosti nebyla zaznamenána ve výsledcích ani u jedné ze sad tak výrazná dominance a proto není možné stanovit vítězné provedení. Na základě parametrů vypovídajících o způsobu čtení mapy, se nejlepší znakovou sadou stala varianta B, ale její obliba mezi respondenty byla nejnižší, která byla v této části testu zaznamenána. Mezi výsledky trialů s více jevy bylo dosaženo poměrně vyrovnaného výsledku. Není tak možné vydat doporučení pro použití konkrétní sady. To však ani nebylo cílem, protože tím se stalo posouzení, zda takový způsob provedení je možné vytvořit i se zajištěním jeho pochopení mezi uživateli bez kartografických zkušeností.

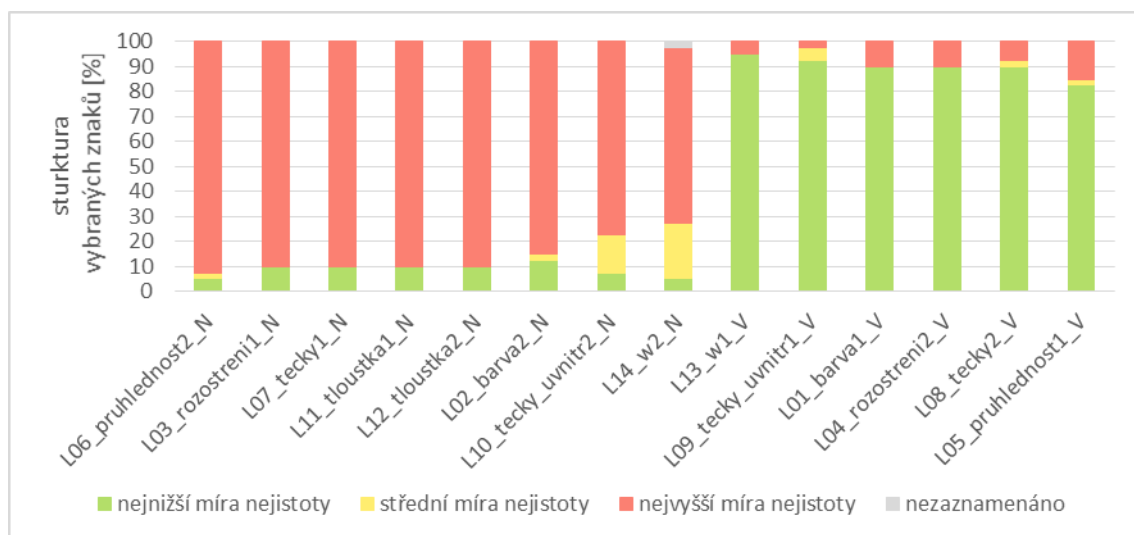
5.2.3 Liniové znaky

V liniové části experimentu bylo použito celkem 7 různých provedení znakových sad. Kromě map s jedním jevem, ve kterých respondenti vybírali místo s největší nebo nejmenší šancí nálezu pozůstatků historické cesty, bylo vytvořeno i několik s více jevy. Ty byly sestaveny pro potřebu posouzení, zda je možné pomocí navržených znaků takovou mapu sestavit a zda ji je schopen čtenář pochopit. Pro tento účel byly vybrány 3 nejlépe hodnocené sady z prvního dotazníkového šetření, které byly následně umístěny na trialech s různým provedením. Kromě odlišné náplně mapy se varianty lišily i ve zvoleném typu legendy. Jedna kombinovala informaci o nejistotě přímo do znaku jevu (obr. 4.3.3 – varianta B), druhá pak nejistotu a jevy znázorňovala odděleně (obr. 4.3.3 – varianta A).

U vyhodnocení správnosti vybraných odpovědí znázorněných na obr. 5.2.3.1 je nutné rozlišovat trialy, u kterých respondent vybíral nejmenší šanci nálezu pozůstatků historické cesty. Ty obsahují na konci svého identifikátoru znak „N“. Trialy, ve kterých bylo úkolem vybrat místo naopak s největší šancí nálezu pozůstatků, obsahují ve svém označení znak „V“.

Nejlepšího výsledku dosáhl trial L13 s podílem nejvhodnějších odpovědí 95 %. Druhý trial využívající stejnou znakovou sadu ale dosáhl pouze 70 %. Jedná se tedy o poměrně rozporuplný výsledek. Dále se stejným výsledkem 92,5 % se umístily sady L06 a L09. Trial L10 používající stejné provedení znaků jako L09 však dosáhl druhého nejhoršího výsledku 77,5 % a mezi laiky dokonce nejhoršího s podílem nejvhodnějších odpovědí pouze 75 %. Druhé provedení znakové sady L06, tedy L05 dosáhlo výsledku 82,5 %.

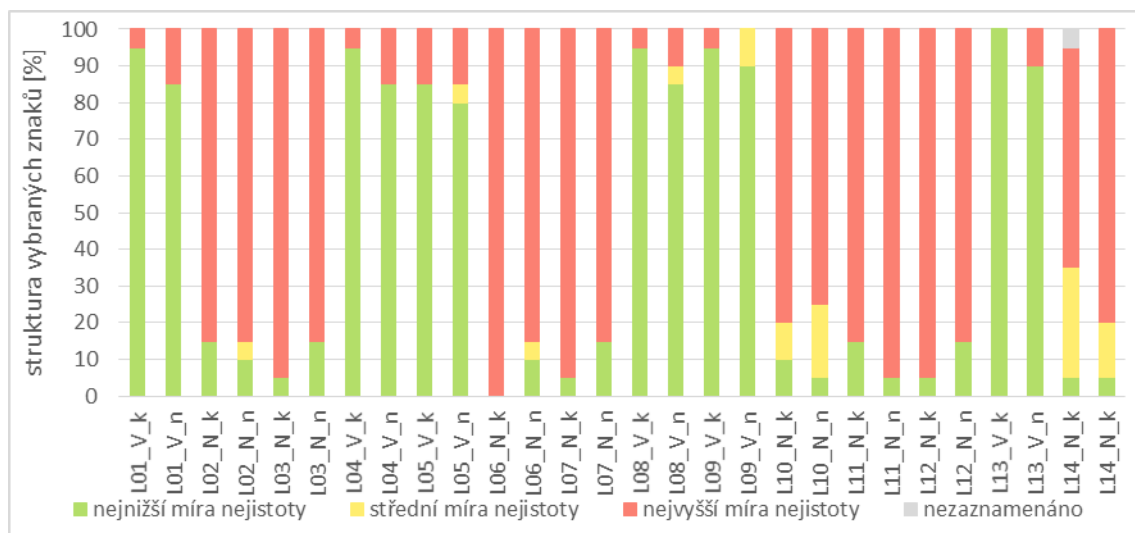
Vyrovnaného výsledku s 90% výběrem nejvhodnějších lokalit dosáhly znakové sady umístěné na trialech L03-L04, L07-L08 a L11-L12. Jejich výsledek je tedy v této části hodnocen jako nejlepší.



Obr. 5.2.3.1 Struktura vybraných lokalit podle míry nejistoty
(V – nejvyšší šance nálezu cesty, N – nejmenší šance nálezu cesty)

Rozdílnost vybraných odpovědí mezi kartografy a laiky je poměrně nízká, její průměrná hodnota dosahuje úrovně 5 %. Největší rozdíl nastal u trialu L14, kde byla odlišnost hodnot nejvhodnějších vybraných odpovědí 20 % ve prospěch laiků. Ve většině případů

bylo lepšího výsledku dosaženo mezi kartografy, výjimku tvořila pouze dvojice trialů L11 a L14 (viz obr. 5.2.3.2).



Obr. 5.2.3.2 Srovnání struktury vybraných lokalit podle míry nejistoty mezi respondenty s kartografickým vzděláním (k) a bez něj (n)

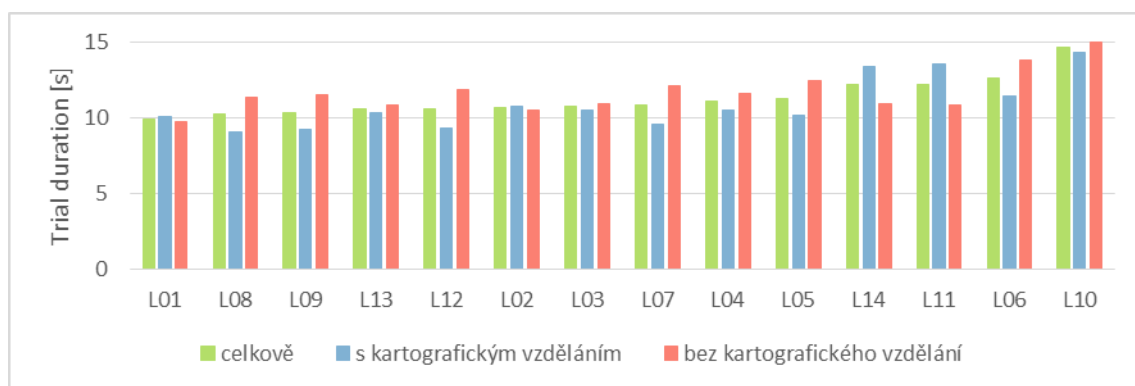
V dalším sledovaném parametru, tedy průměrné době strávené na trialu respondentem, se nejlépe umístil trial L01. Na něm umístěná znaková sada jednotlivé úrovně nejistoty odlišuje pomocí barev, jedná se tedy o velice intuitivní způsob, ale v praktickém nasazení bude tato metoda narážet na značná omezení. Jako je například nemožnost vyjádřit současně více jevů, díky omezenému počtu barev. Dosažená doba byla 9,9 s, u kartografů pak tato doba byla kratší o 0,4 s. Druhé provedení stejné znakové sady L02 skončilo v celkovém umístění až na 6. místě s časem 10,6 s. Tento rozdíl lze přisuzovat náročnějšímu provedení mapové kompozice než u L01.

Na 2. místě se umístil trial L08 využívající změnu struktury linie do formy teček podle úrovně nejistoty. Jeho průměrný čas byl 10,2 s. Kartografové dosáhli poměrně výrazně lepšího výsledku vůči laikům s časem kratším o 2,2 s. Druhé provedení této použité znakové sady bylo u trialu L07. Je zajímavé, že tato varianta i přes jednodušší provedení skončila až na celkovém 8. místě s časem 10,8 s.

Na 3. místě se umístil trial, který pro vyjádření nejistoty mění strukturu vnitřní linie, jako v předchozím případě přechází z plného průběhu do formy teček podle úrovně nejistoty. Tato znaková sada byla umístěna na trial L09 a L10. Dosažená průměrná doba byla 10,3 s. Paradoxem je, že druhé náročnější provedení L10 dosáhlo nejhoršího výsledku s časem 14,6 s.

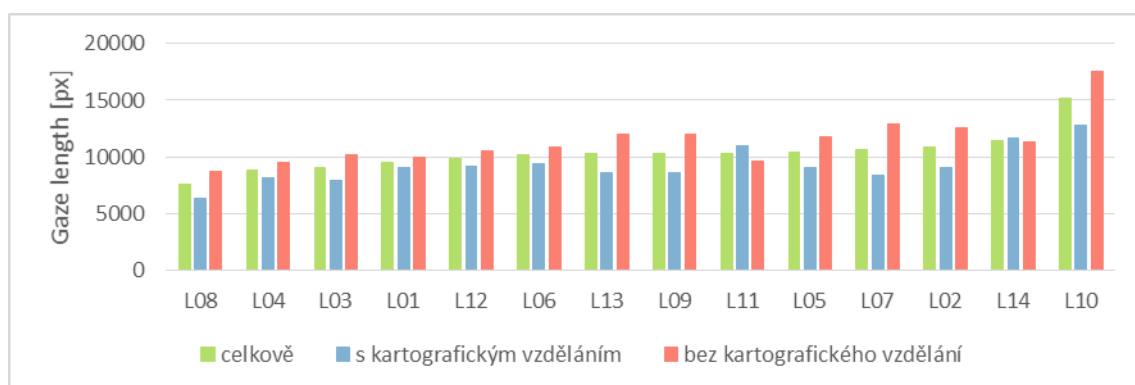
Pokud by došlo k sestavení výsledků na základě součtu časů obou vytvořených stimulů s použitím jedné znakové sady, pak by se nejlépe umístila kombice L01 – L02 (20,5 s), za nimi pak L07 – L08 (21,1 s) a na 3. místě L03 – L04 (21,8 s).

Ve srovnání kartografů a laiků došlo k dosažení lepšího výsledku ve většině případů u první skupiny. Výjimkou se staly pouze trial L14 a L11. Celkový rozdíl při součtu časů všech trialů činil 11,3 s.



Obr. 5.2.3.3 Průměrná doba zobrazení stimulu

Průměrná délka dráhy zraku respondenta byla nejkratší u trialu L08 a to 7 325 px. Dále se umístil trial L04 s 8 813 px a 3. místo obsadil L03 s 9 045 px (viz obr. 5.2.3.4). Celkově nejlepšího výsledku dosáhla znaková sada umístěná na trialech L03 a L04.



Obr. 5.2.3.4 Průměrná délka dráhy zraku respondenta

V porovnání skupin podle vzdělání bylo dosaženo celkového rozdílu 30 472 px s kratší dráhou kartografů. Jediným případem opačného výsledku je trial L14 (obr. 5.2.3.5), u kterého byla jejich dráha delší o 192 px. I přes takto nízkou hodnotu rozdílu se jedná o jediný zaznamenaný případ v celé této části experimentu. Lze ho přisuzovat složitosti samotného provedení použité znakové sady, která pro vyjádření míry nejistoty využívá změnu tvaru linie, kdy hladký průběh přechází do zvlnění. Laikové nejspíše nevěnovali takovou pozornost studiu jednotlivých liniových průběhů a rozhodovali se více intuitivně.

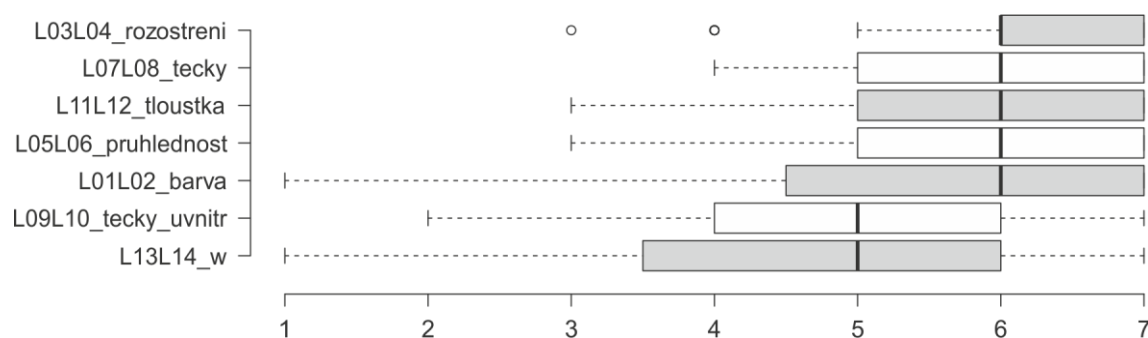


Obr. 5.2.3.5 Výřez z trialu L14_w2_N

To lze usuzovat i na základě srovnání podílu vybraných nejvhodnějších odpovědí, kterých dosáhli 80 %, kdežto druhá skupina pouze 60 %. Pro návrh budoucích znakových sad určených k vizualizaci nejistoty je tedy vhodné využívat běžný průběh linie, který není tak náročný jak na provedení, tak zároveň na získání informace.

U trialů s jedním jevem nedošlo k použití více variant provedení legendy. Z tohoto důvodu nebylo nutné do dotazníku pro analýzu vnímané vhodnosti umístit více verzí, proto jsou získané výsledky uvedeny vždy pro konkrétní znakovou sadu a ji odpovídající dvojici trialů (viz obr. 5.2.3.6).

Nejlépe vnímaná byla znaková sada označená jako „rozostření“ použitá na trialech L03 a L04. Medián jejich dílčích hodnocení dosáhl hodnoty 6. Respondenti tedy tuto variantu považovali za nejvhodnější pro znázornění nejistoty.



Obr. 5.2.3.6 Vyhodnocení vnímané vhodnosti liniových znaků

Na dalších místech se s podobným výsledkem umístily sady „tečky“, „tloušťka“, „průhlednost“ a „barva“. Jejich medián je stejný jako u vítězného provedení, avšak uspořádání jejich dílčích hodnot významně zasahuje i do nízkých úrovní vnímané vhodnosti. Na základě výsledku lze konstatovat, že všechny zmíněné varianty pro vyjádření nejistoty jsou považovány respondenty za vhodné.

Naopak jako nevhodné byly vnímány sady „tečky_uvnitř“ a „w“. Ty byly do experimentu umístěny již s očekáváním špatného výsledku. Jejich cílem bylo především toto očekávání potvrdit a poskytnout informace pro ověření teorie, zda negativně vnímané sady dosahují v praktickém nasazení horších výsledků.

Celkové výsledky stanovené na základě předchozích vyhodnocení jsou uvedeny v tab. 5.2.3.1. Nedošlo k hodnocení jednotlivých trialů, ale vždy vybrané znakové sady, tedy obou trialů, na kterých byla umístěna. Tím se tato část odlišuje oproti předchozímu vyhodnocení bodových znaků, ale je k němu možno přikročit především proto, že nedošlo k použití více typů legend, liší se tak pouze obsah mapy. Vliv legendy na průběh čtení mapy je vyhodnocen až v následující části u map se současným znázorněním více jevů.

Nejlépe se umístila kombinace L03, L04 využívající znakovou sadu označovanou jako „rozostření“. U ní dochází s nárůstem nejistoty k rozostření linie, jedná se o poměrně intuitivní znázornění, které bylo velice dobře vnímáno, v tomto parametru se umístilo na nejlepším umístění. Dobrý výsledek byl dosažen i v počtu vybraných správných odpovědí a v délce trajektorie zraku. V těchto parametrech sada obsadila vždy 2. nebo 3. místo. Horšího výsledku bylo dosaženo jen v době, kterou respondenti na jednotlivých trialech strávili, kde obsadila 7. a 9. pozici. Ve výsledku však lze tuto sadu doporučit jako nejvhodnější variantu liniového znaku určeného pro vizualizaci nejistoty.

Tab. 5.2.3.1 Celkové hodnocení liniových znakových sad

	Pořadí na základě parametru							
Znaková sada	Správnost odpovědi		Trial duration		Gaze length		Vnímaná vhodnost	Celkové umístění
L03, L04	3	3	7	9	3	2	1	1
L07, L08	3	3	8	2	11	1	2	2
L01, L02	3	4	1	6	4	12	5	3
L11, L12	3	3	12	5	9	5	3	4
L05, L06	5	2	10	13	10	6	4	5
L13, L14	1	7	4	11	7	13	7	6
L09, L10	2	6	3	14	8	14	6	7

Na celkovém 2. místě se umístily trialy L07, L08 využívající metodu s označením „tečky“. Ta pro vyjádření kvality informace používá změnu struktury linie z plné do formy teček, ve které dochází s nárůstem nejistoty k rozšiřování vkládané mezery mezi body. Tento typ znaků byl opět mezi respondenty velice dobře vnímán, jejich hodnocení vyneslo sadu na 2. místo. Na základě množství vybraných správných odpovědí byla dosažena 3. pozice. Horšího výsledku dosáhlo pouze jedno trialové provedení a to v parametrech délky trajektorie, kde obsadilo až 11. místo a průměrné době strávené na trialu s 8. místem. Paradoxem je fakt, že takto hodnocený trial byla jednodušší varianta s menším množstvím zobrazovaných informací.

Celkové 3. místo obsadily trialy L01 a L02, ty pro stanovení míry nejistoty využívají různých barev. Jedná se o velice jednoduchou metodu, u které byl očekáván dobrý výsledek. Avšak ve srovnání s předchozími metodami zde dochází k horšímu výsledku už u výběru nejvhodnějších odpovědí, u kterého jeden trial zaujímá 4. místo. U složitější varianty trialu dochází i k poměrně špatnému výsledku v parametru doby strávené na trialu, ve kterém se umísťuje až na 6. místě a v délce oční trajektorie dokonce až na 12. pozici. Respondenti tuto znakovou sadu vnímají až jako 5. nejvhodnější.

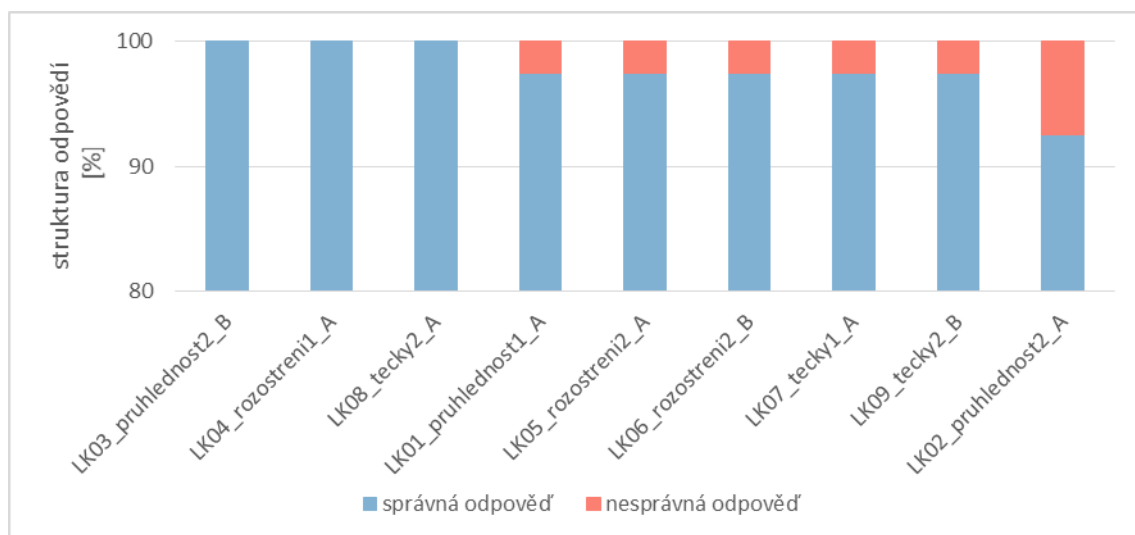
Při pohledu na celkové výsledky je patrné, že dobře vnímané sady poskytly i v praktickém nasazení velice dobré výsledky. První dvě nejlépe vnímané obsadily stejné pozice i v celkových výsledcích a stejně tak i dvě nejméně vhodné se umístily na posledních místech hodnocení.

V trialech se znázorněním více jevů došlo k použití tří znakových sad, které se pro tento účel jeví jako vhodné. Výběrovým kritériem se stalo především grafické provedení znaků, které musí umožňovat odlišení jednotlivých jevů pomocí barev. Dále došlo k umístění legendy ve dvou variantách (obr. 4.3.3), její typ je vždy vložen do názvu trialu ve formě písmene „A“ nebo „B“.

Úkolem respondentů byl výběr místa, kde byla nejvyšší šance nálezu pozůstatků historické cesty. Do map byly umístěny imaginární trasy, které byly rozčleněny do typů používaných v minulosti. Konkrétně se jednalo o cesty městské, okresní a zemské. Respondent pak podle zadané otázky vybíral konkrétní typ. Proto struktura zaznamenaných odpovědí (obr. 5.2.3.7) se dělí pouze na správné a nesprávné, ne jako v předchozích případech podle míry nejistoty vybraného znaku. Nesprávná odpověď tedy zahrnuje jak špatně vybraný typ cesty, tak i vyšší míru nejistoty.

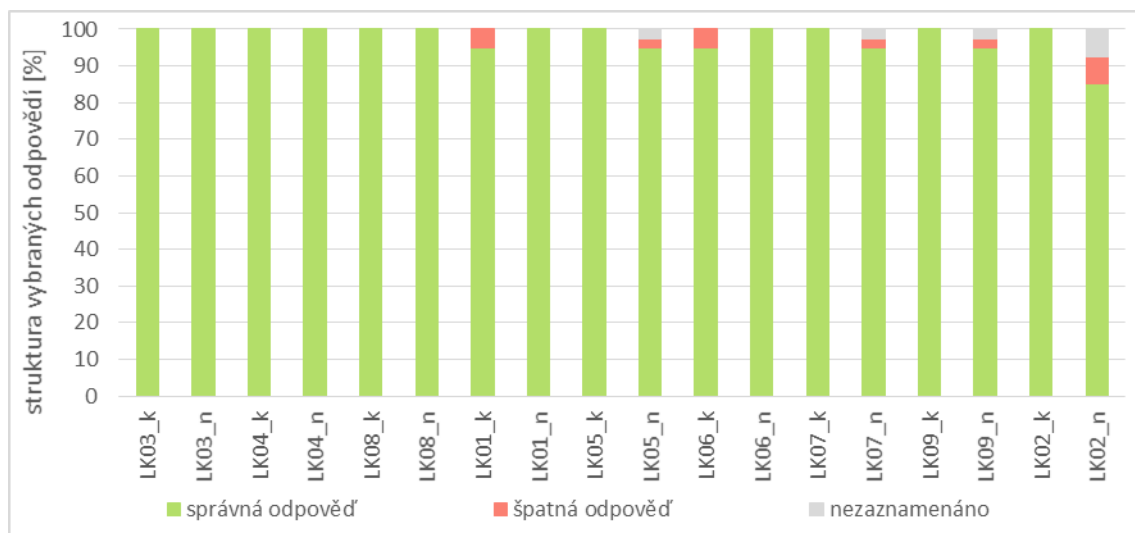
Nejllepší umístění obsadily trialy LK03, LK04 a LK08. U nich došlo k výběru správných lokalit ve všech případech. Dále se umístily stimuly LK01, LK05, LK06 a LK07 s podílem

správných odpovědí 97,5 %. Nejhůře skončil trial LK02 s 92,5 %. Tyto výsledky jsou velice vyrovnané a není tak možné na jejich základě vyvozovat složitější závěry, protože rozdíl 2,5 % mezi trialů odpovídá výběru lokality jedním respondentem.



Obr. 5.2.3.7 Struktura vybraných odpovědí

Srovnáním výsledků mezi kartografy a laiky neukazuje převahu ani jedné skupiny (viz obr. 5.2.3.8). Mezi laiky došlo k výskytu několika případů, kdy respondent nestihl vybrat odpověď během stanoveného limitu. K této situaci došlo u LK02, LK05, LK07 a LK09. Na základě těchto výsledků lze stanovit pouze závěr, že u všech znakových sad došlo ke správné interpretaci a pochopení. Více díky absenci výrazných rozdílů není možné odvodit.



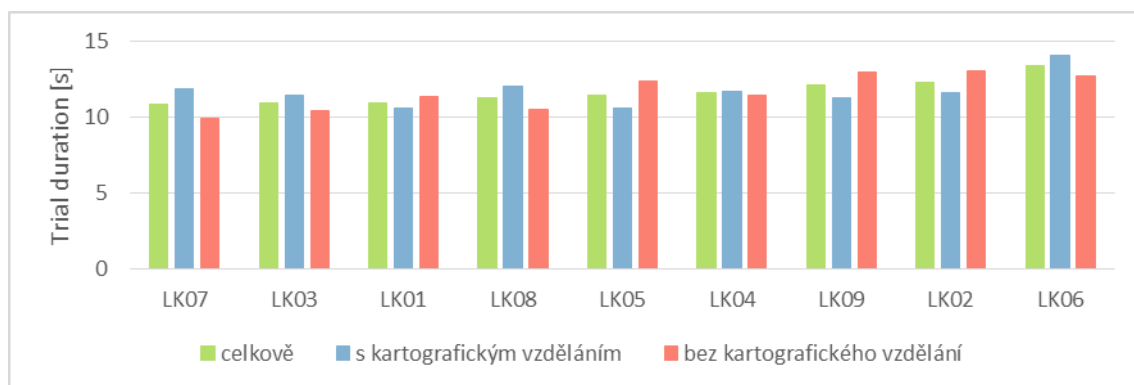
Obr. 5.2.3.8 Srovnání struktury vybraných odpovědí podle správnosti mezi respondenty s kartografickým vzděláním (k) a bez něj (n)

Ve srovnání parametru průměrné doby, kterou strávili jednotliví respondenti na trialu (viz obr. 5.2.3.9) dopadlo nejlépe provedení LK07 s časem 10,8 s. Rozdíl mezi kartografy a laiky činil 1,9 s ve prospěch druhé skupiny. Druhý v pořadí se umístil stimul LK03 s pouze zanedbatelným rozdílem 0,1 s. U něj bylo dosaženo lepšího času laiků pouze

ve výši 1 s. Další v pořadí byl trial LK01 s časem 10,9 s. Mezi oběma skupinami nastal obrat a čas kartografů byl kratší o 0,7 s.

V celkovém srovnání celkového času obou sledovaných skupin je pouze velice nízký rozdíl a to 0,5 s, ani jedna skupina nedosáhla dominance a poměr vítězství je 5:4 pro kartografy. Průměrná difference časů je 1,3 s. Nejvyšší pak u LK09 ve výši 1,7 s.

Pokud by došlo k zaměření na typ použité legendy, zvítězila by varianta A (obr. 4.3.3), protože varianta B obsadila 2. , 7. a 9. místo. Nejedná se o zcela jednoznačný výsledek, ale jistý její vliv je ve výsledku patrný.

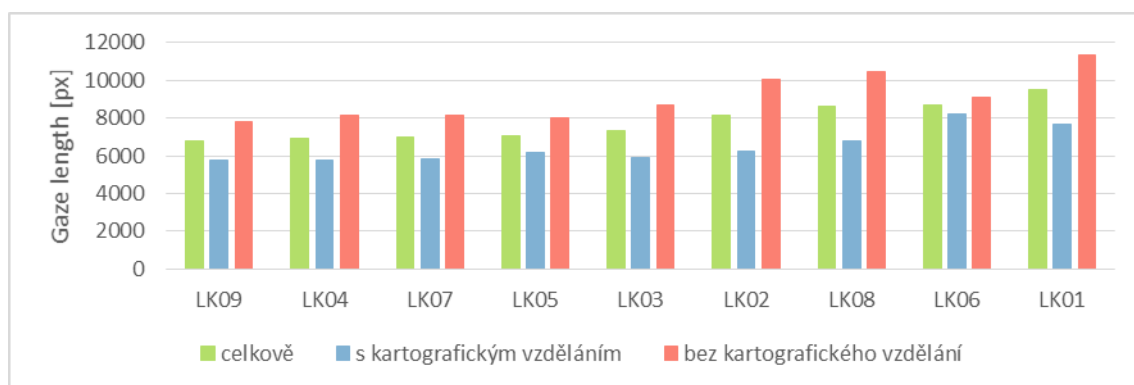


Obr. 5.2.3.9 Průměrná doba zobrazení stimulu

Na základě délky dráhy zraku, kterou respondenti urazili při hledání správné odpovědi dopadl nejlépe trial LK09 s průměrnou hodnotou 6 778 px. Za ním se umístil LK04 s 6 939 px. Na 3. místě pak LK07, u kterého byla délka 6 998 px.

V této části je jasně patrná dominance kartografů, kteří pro označení správné odpovědi urazili v průměru dráhu o 2 500 px kratší. Lze tak pozorovat pozitivní vliv tohoto vzdělání na proces vyhledávání informace v mapě. V součtu jednotlivých drah podle skupin je výsledek 81 756 px oproti 58 370 px v neprospěch laiků.

Ve srovnání vlivu typu legendy nebylo zaznamenáno její působení na výsledek. Varianta B (obr. 4.3.3) se umístila na 1. , 5. a 8. místě. Její provedení tedy dráhu zraku nutnou pro vyhodnocení neovlivnilo.

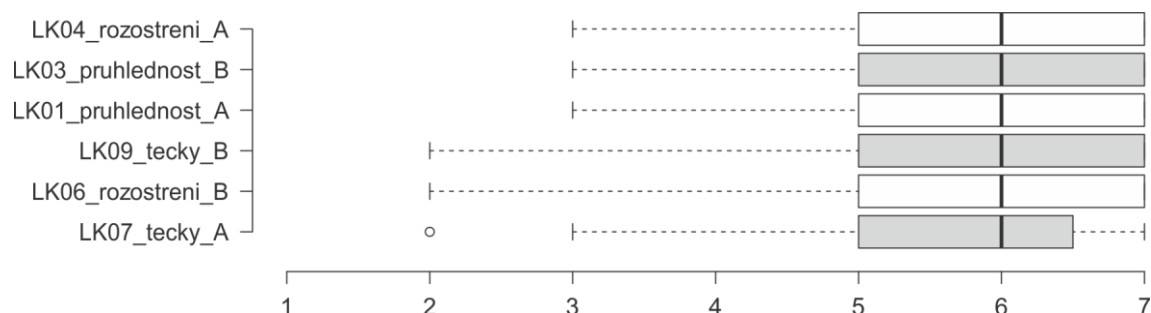


Obr. 5.2.3.10 Průměrná délka dráhy zraku respondenta

Ve vyhodnocení vnímané vhodnosti byly vždy posuzovány znakové sady s odlišnými variantami legendy. Výsledek trialu LK04 je tedy totožný i pro LK05, protože u obou byla legenda ve variantě A. Mezi sadami došlo k velice vyrovnanému výsledku,

který nepřináší vypovídající charakteristiky, na základě kterých by mohlo dojít k formulování preferencí respondentů.

Nejlépe byla vnímána znaková sada s označením „průhlednost“ umístěná na trialech LK01 a LK03. Dále se umístilo „rozostření“, trial LK04 a LK06. Nejhorší pak „tečky“ na LK09 a LK07. V porovnání varianty provedení legendy byla lépe vnímána v uspořádání A.



Obr. 5.2.3.11 Vyhodnocení vnímané vhodnosti kombinací liniových znaků

Výsledné pořadí jednotlivých znakových sad s odpovídajícím typem legendy bylo sestaveno na základě jejich průměrného umístění v dílčích výsledcích. Trialů využívající stejnou znakovou sadu a podobu legendy byly ve výsledcích sloučeny.

Nejlepšího celkového výsledku dosáhl trial LK03 umístěný ve sledovaných parametrech vždy na 1. nebo 2. místě, pouze v délce oční trajektorie až na 5. místě. Za ním se umístily trial LK04 – LK05, u kterých byl nejhorší výsledek zaznamenán v délce stráveného času na trialu, ve kterém se umístily na 5. a 6. místě. 3. místo v celkovém umístění dosáhly trial LK07 – LK08 a LK09. Lepší umístění bylo zaznamenáno u stimulů s variantou legendy A. Kompletní výsledky uvedeny v tab. 5.2.3.2.

Tab. 5.2.3.2 Celkové hodnocení liniových znakových sad se znázorněním více jevů

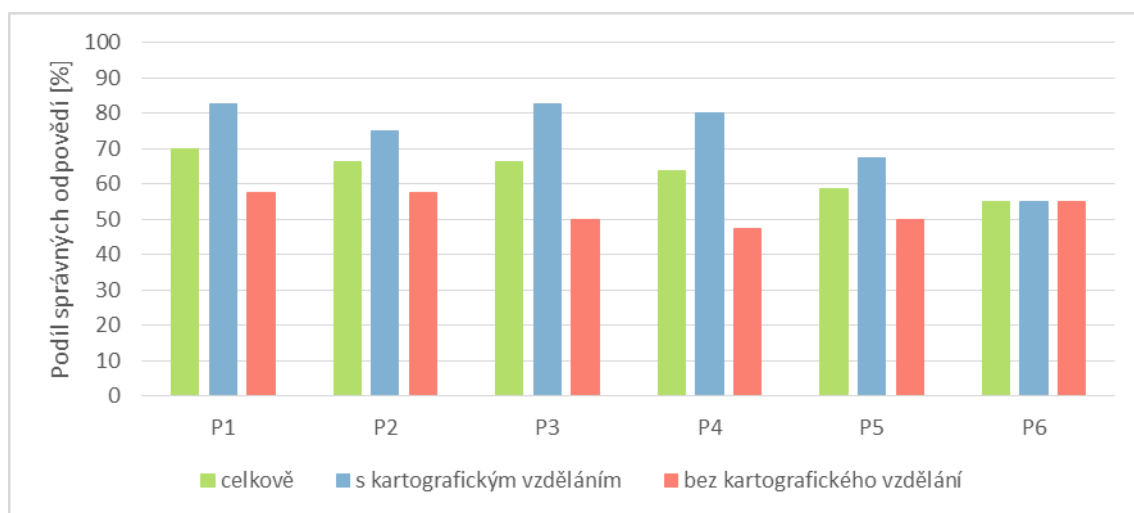
	Pořadí na základě parametru							
Znaková sada	Správnost odpovědí		Trial duration		Gaze length		Vnímaná vhodnost	Celkové umístění
LK03 (B)	1		2		5		1	1
LK04, LK05 (A)	1	2	6	5	2	4	1	2
LK07, LK08 (A)	2	1	1	4	3	7	3	3, 4
LK09 (B)	2		7		1		2	
LK01, LK02 (A)	2	3	3	8	9	6	1	5
LK06 (B)	2		9		8		2	6

5.2.4 Plošné znaky

V této části došlo k testování 6 různých plošných znakových sad vhodných k použití pro znázornění nejistoty. Každá byla použita na dvou trialech a jejich jednotlivá provedení byla přizpůsobena úkolu, který měli respondenti vyřešit. Konkrétně se jednalo o výběr místa s nejpřesnější nejvyšší („H“ – v označení trialu) nebo nejnižší teplotou („L“ – v označení trialu). Podíl správných odpovědí byl vyhodnocen vždy

pro konkrétní znakovou sadu, to znamená, že došlo ke spojení zaznamenaných výsledků dvojice trialů, na kterých byla umístěna.

Nejlepšího výsledku 70 % správných odpovědí dosáhla sada P1. Velice zajímavý je poměrně významný rozdíl zaznamenaný mezi kartografy a laiky, který činí 25 % ve prospěch první skupiny. Jedná se však o znakovou sadu, která u obou skupin dosáhla nejlepšího výsledku (viz. obr. 5.2.4.1).



Obr. 5.2.4.1 Podíl správných odpovědí u plošných znaků

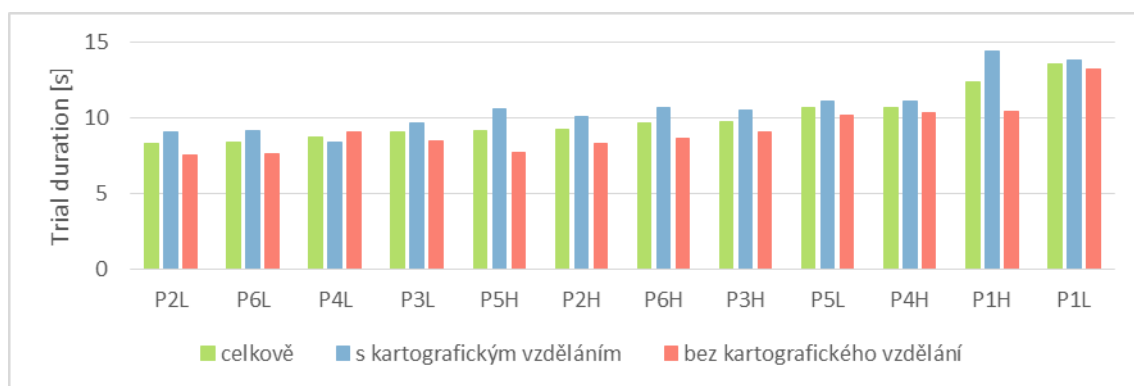
Na dalším místě skončily současně dvě sady P2 a P3 s celkovým podílem nejvhodnějších odpovědí 66,25 %. Mezi kartografy se umístilo provedení P2 na 4. místě se 75 %, u laiků pak na 1. místě s 57,5 % stejně jako P1. Sada P3 mezi kartografy zaznamenala úspěch a umístila se na 1. místě s 82,5 %, společně s vítěznou sadou P1. Mezi laiky skončila s 50 % na 4. místě.

Nejhorší výsledek byl zaznamenan u sady P6, u které nastala velice zajímavá situace a to dosažení stejného podílu správných odpovědí mezi kartografy a laiky ve výši 55 %. U první zmiňované skupiny to pak byl nejhorší výsledek, u druhé však znamenal umístění na 3. místě. Jejich nejhorší umístěnou sadou se stala varianta P4 s 47,5 %.

Poměrně znatelný rozdíl je pozorovatelný mezi oběma sledovanými skupinami respondentů. Ten lze přisuzovat velice nízké míře použití legendy u laiků, kteří svůj výběr prováděli spíše s pomocí intuice. Díky tomu je však možné identifikovat takové provedení znakové sady, které je ztvárněno v natolik intuitivní formě, že i bez použití legendy byli schopni její čtenáři vybrat vhodné lokality. Průměrná úroveň správného výsledku u kartografů byla 74 %, u laiků pouze 53 %.

Kratší doba zobrazení stimulu byla zaznamenána především u trialů s otázkou na stanovení lokality s nejnižší nejpřesnější teplotou (viz obr. 5.2.4.2). V celkovém pořadí nejkratšího průměrného času dosáhl trial P2L a to 8,3 s. Za ním pouze s pouze 0,2 s delší dobou skončil trial P6L a 3. místo obsadil P4L s 8,7 s.

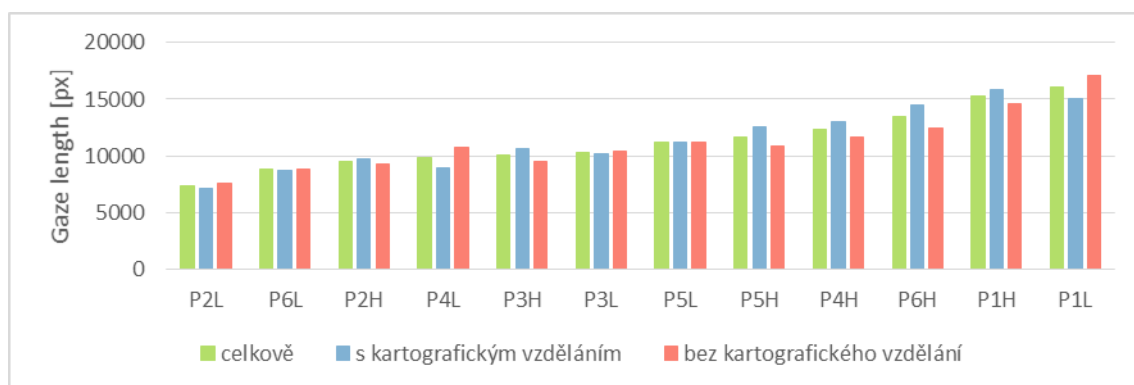
Ve srovnání respondentů podle vzdělání je patrná výrazně delší doba nutná pro rozhodnutí u kartografů a to průměrně o 1,5 s. Nejvýraznější rozdíl 4 s bylo dosaženo u P1H.



Obr. 5.2.4.2 Průměrná doba zobrazení stimulu
(L – nejnižší teplota, H – nejvyšší teplota)

Podle průměrné délky oční trajektorie byl nejlépe hodnocen trial P2L s 7 336 px. Za ním se umístil s 8 778 px trial P6L. 3. místo s 9 510 px obsadil trial P2H. Je patrné, že mezi jednotlivými znakovými sadami nastaly výrazné rozdíly, v některých případech došlo až k dvojnásobné délce trajektorie. Tato skutečnost může ukazovat fakt, že zobrazení nebylo dostatečně intuitivní a respondenti museli analyzovat výrazně větší prostor pro identifikování nejhodnější lokality. Například ve srovnání sad P2 a P1 bylo dosaženo rozdílu 14 472 px. Takto značný rozdíl nebyl zaznamenán pouze pro určité spektrum respondentů, ale u všech. Podle hodnocení úspěšnosti správných odpovědí však sada P1 skončila jako vítězná, je tedy možné hledat souvislost mezi délkou oční trajektorie a touto úspěšností. Tuto teorii však vyvrací sada P2, u které s výrazně kratší dráhou pohledu dosáhla úspěšnost pouze o 4,75 % horšího výsledku.

Ve srovnání skupin respondentů se lépe umístily pouze s mírným rozdílem celkové průměrné dráhy 259 px laické, jedná se tedy o poměrně vyrovnané výsledky. U jednotlivých trialů je patrné, že nárůst délky trajektorie u jedné skupiny se stejným způsobem projevil i u skupiny druhé. Na základě toho lze vyvodit závěr, že vzdělání mělo minimální vliv na tuto charakteristiku.



Obr. 5.2.4.3 Průměrná délka dráhy zraku respondenta
(L – nejnižší teplota, H – nejvyšší teplota)

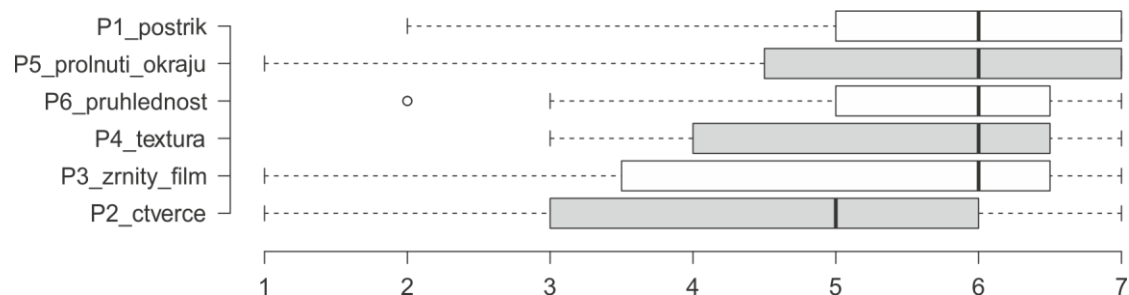
Srovnání pořadí použitých kartografických sad je uvedeno v tab. 5.2.4.1 a to na základě parametru Trial duration i Gaze length. Tyto výsledky kombinují celkové výsledky obou trialů, tedy toho, ve kterém respondenti hledali nejpřesnější nejvyšší a nejnižší teplotu. Jedná se tedy o komplexnější hodnocení znakových sad než na základě dílčích výsledků jednotlivých stimulů.

Nejlepší hodnocení v obou parametrech dosáhla sada P2. Ve všech parametrech i v obou skupinách respondentů se umístila na 1. místě. Jedná se tedy o nejvhodnější podobu kartografického znaku pro vyjádření plošné informace se zakomponováním míry nejistoty.

Tab. 5.2.4.1 *Hodnocení plošných znakových sad podle Trial duration a Gaze length*

Znaková sada	Pořadí podle Trial duration			Pořadí podle Gaze length		
	Celkově	Kartograf	Laik	Celkově	Kartograf	Laik
P1	6	6	6	6	6	6
P2	1	1	1	1	1	1
P3	2	2	2	3	4	3
P4	3	3	5	4	2	5
P5	5	5	4	5	5	4
P6	4	4	3	2	3	2

Respondenty vnímaná vhodnost znakových sad pro použití vizualizace nejistoty byla poměrně vyrovnaná. U všech sad byl dosažen medián dílčích hodnocení 6, výjimku tvořila pouze varianta P5, u které byla jeho hodnota 5. Celkové pořadí muselo být tedy stanoveno na základě rozptylu hodnot. Nejlépe byla vyhodnocena sada P1. Dále se umístila sada P5 následovaná P6. Jednotlivá grafická provedení lze hodnotit jako vhodně navržená, protože na základě pocitového vnímání byla kladně přijata. Kompletní výsledky uvedeny na obr. 5.2.4.4.



Obr. 5.2.4.4 *Vyhodnocení vnímané vhodnosti plošných znaků*

Výsledné pořadí na základě vyhodnocení všech parametrů je uvedeno v tab. 5.2.4.2. Nejlépe se umístila znaková sada P2. Zajímavým paradoxem jsou její nejlepší dosažené výsledky v oblasti praktického použití, ale ve vnímání vhodnosti se umístila na posledním místě. Výhoda této sady spočívá v dosažení stejných výsledků jak mezi kartografy tak laiky, je ji tedy možné nasadit univerzálně ve velice širokém spektru uživatelů.

Za ní skončila sada P6. Mezi trialy, které ji obsahují, nastal poměrně vysoký rozdíl v zaznamenaných výsledcích. Průměrná hodnota umístění byla u P6L 2, kdežto u P6H se jednalo o hodnotu 7,5. To může být zapříčiněno odlišnou náplní map, ale díky kombinaci obou dosažených výsledků se celkový výsledek zobjektivnil. Mírně lepších výsledků pak dosáhla sada mezi laiky.

Nejhorší výsledek byl zaznamenán u sady, která byla mezi respondenty vnímána nejlépe. Jednalo se o P1. Její výsledky obsadily ve většině případů poslední místa,

vyjimku tvořilo pouze vyhodnocení množství správně vybraných odpovědí, kde se umístil první trial ji obsahující na 7. místě a druhý na 2. místě.

Tab. 5.2.4.2 Celkové hodnocení plošných znakových sad

	Pořadí na základě parametru							
Znaková sada	Správnost odpovědí		Trial duration		Gaze length		Vnímaná vhodnost	Celkové umístění
P2L, P2H	6	5	1	6	1	3	6	1
P6L, P6H	1	10	2	7	2	10	3	2
P3L, P3H	6	5	4	8	6	5	5	3
P5L, P5H	3	9	9	5	7	8	2	4
P4L, P4H	8	4	3	10	4	9	4	5
P1L, P1H	7	2	12	11	12	11	1	6

5.2.5 Legenda pro vyjádření nejistoty

Trialy umístěné v tomto experimentu používaly dvě různá provedení legendy (viz obr. 4.3.3). První varianta kombinovala informaci o nejistotě přímo do znaku jevu a druhá ji zobrazovala samostatně. Výhodou tohoto způsobu provedení je snížení počtu znaků v legendě, ale za cenu, že čtenář nemá znázorněny jevové znaky v jednotlivých úrovních nejistoty.

V tabulce 5.2.5.1 jsou uvedeny výsledky srovnávaných trialů. Každé znakové sadě je přiřazena hodnota, která odpovídá podílu celkové doby fixace strávené v oblasti legendy a mapového pole, vždy pro variantu legendy A, tak B. Díky tomuto způsobu vyhodnocení je zajištěno dosažení objektivního výsledku, protože jednotlivé hodnoty určují podíl na celkovém času fixací daného trialu. Je tak odstraněn vliv různé náročnosti provedení, které by se projevilo v případě použití absolutních hodnot jako je například doba fixace.

U liniových znaků byl lepší výsledek zaznamenán u varianty A. Ten však nebyl zcela jednoznačný, protože u jedné znakové sady zvítězila varianta B (LK08, LK09) a v dalším případě nebyl zaznamenán rozdíl mezi provedeními větší než 0,78 s (LK02, LK03).

U bodových znaků znázorňující jeden jev naopak dominovalo provedení B. Kromě jednoho případu, byla vždy zaznamenána kratší doba v fixaci v oblasti legendy ve prospěch mapového pole. Na základě toho lze usuzovat, že v tomto způsobu nasazení se jednalo o intuitivnější formu provedení.

Naprostý obrat nastal mezi trialy s bodovými sadami znázorňující více jevů. Legenda ve variantě A zvítězila ve všech případech. U provedení „fuzzy“ (BK01, BK02) byl dokonce dosažen kratší podíl fixačního času o 10 %. Kromě toho bylo zaznamenáno více času stráveného v mapovém poli.

Tyto výsledky byly sestaveny pouze pro všechny respondenty, bez členění do skupin podle vzdělání. K tomu bylo možno přikročit díky nezaznamenaným rozdílům nebo zcela minimálním mezi oběma skupinami. Významná difference byla pouze zaznamenána v podílu času fixací zaznamenaných v oblasti legendy, který byl u laiků nižší ve prospěch mapového pole. Například ve skupině liniových trialů s více jevy (LK) se jednalo o 16 %. Ale pokud dojde k porovnání absolutní hodnoty času, který byl v daném

místě stráven, je dosažena doba o 25 s delší pro skupinu laiků, protože jejich celkový čas je výrazně delší. U 40 respondentů činní tento rozdíl 23 minut.

Díky rozporuplného výsledku nelze stanovit univerzálně vhodnější provedení legendy. Vždy je nutné zohlednit množství jevů, které bude v mapě znázorňováno. V případě jednoho, je vhodnější zvolit variantu A, pokud více tak naopak B. Mezi respondenty byla hodnocena jako lépe vnímaná varianta B.

Tab. 5.2.5.1 Podíl celkové doby fixace připadající jednotlivým částem mapové kompozice

Porovnávané stimuly	Podíl celkového času fixací [%]			
	Varianta A		Varianta B	
	Legenda	Mapové pole	Legenda	Mapové pole
LK02, LK03 průhlednost	29,18	69,60	29,96	68,14
LK05, LK06 rozostření	25,51	72,43	30,81	67,16
LK08, LK09 tečky	35,27	63,49	30,75	68,13
B01, B02 čísla 01	18,70	77,14	18,04	78,63
B03, B04 čísla 1	18,40	77,50	14,68	82,73
B05, B06 fuzzy	20,16	75,39	14,46	82,76
B07, B08 prom. jádro	18,61	76,86	16,25	81,41
B11, B12 smile	14,84	81,80	15,66	82,38
BK01, BK02 fuzzy	15,30	83,91	25,33	73,39
BK03, BK04 siluety	21,53	77,63	23,53	74,54
BK05, BK06 smile	19,85	78,86	20,19	78,23
BK07, BK08 symboly	18,76	80,35	19,04	79,59

5.2.6 Rozdíl mezi respondenty podle vzdělání

Vyhodnocení rozdílů kognice respondentů s kartografickým vzděláním a bez něj bylo provedeno za pomoci Loci similarity a Sequence similarity. Tyto metody vyhodnocují její podobnost na základě sestavení sekvence navštívených míst na trialu jednotlivými respondenty. Na základě míry shody jednotlivých řetězců je následně stanovena podobnost. Došlo tedy k sestavení dvou sekvencí a to pro každou skupinu respondentů. Loci similarity vyhodnocuje pouze navštívená místa a není důležité jejich pořadí, naopak Sequence similarity sleduje i pořadí navštívených míst. Kromě těchto metod bylo ještě využito dvouvýběrového Wilcoxonova testu.

Pro vyhodnocení Loci similarity v prvním případě došlo k rozdělení trialu do pravidelné mřížky o rozměru 5 x 5. Tyto oblasti odpovídaly sledovaným místům, jejichž navštívení bylo následně srovnáváno. V tabulce 5.2.6.1 jsou uvedeny podobnosti mezi jednotlivými skupinami respondentů vypočítané touto metodou. Konkrétně se jedná o úroveň shody kognice kartografů, laiků a vzájemně mezi nimi. Díky tomu lze posoudit projev vzdělání na průběh sledování trialu a současně homogenitu dosažených výsledků osob se stejnými vědomostmi.

Při porovnání jednotlivých zaznamenaných výsledků je patrné, že vzdělání se příliš na kognici neprojevalo. Jednotlivé hodnoty obsahují pouze nepatrné rozdíly. Nejvyšší podobnost mezi respondenty byla zaznamenána u trialů s bodovými znaky se znázorněním jednoho jevu a to ve výši 54,98 %. Lze tak konstatovat, že na těchto stimulech byl proces čtení mapy velice obdobný.

Nejnižší míra podobnosti byla zaznamenána u liniových znaků s jedním jevem. Jednalo se o hodnotu 33,23 %. Ve srovnání s předchozí shodou je zde patrný výrazný rozdíl. Ten lze přisuzovat způsobu provedení těchto stimulů, které je v porovnání s bodovými složitější. Poskytuje tak více způsobů pro posouzení a získání informace, které se pak projeví ve formě různorodějšího průběhu kognice.

Tab. 5.2.6.1 *Podobnost kognice mezi skupinami respondentů podle vzdělání (Loci s.) (na základě vytvořené mřížky 5 x 5)*

Skupina trialů	Podobnost kognice skupin respondentů [%]		
	kartografové	laikové	mezi skupinami
Bodové znaky (jeden jev)	55,31	54,48	54,98
Bodové znaky (více jevů)	53,65	49,17	51,22
Liniové znaky (jeden jev)	32,52	34,55	33,23
Liniové znaky (více jevů)	39,19	39,01	38,82
Znaky pro časovou a polohovou přes.	55,66	50,70	52,66
Plošné znaky	44,06	41,56	42,49

Druhé vyhodnocení pomocí stejné metody bylo provedeno na základě definování oblastí zájmu nad jednotlivými znaky v mapě a nad umístěním legendy. Tato část byla provedena pouze u bodových znaků z důvodu komplikovaného vymezení oblastí zájmu nad liniovými a plošnými znaky. Na základě výsledků lze konstatovat, že nejvyšší podobnost mezi skupinami byla dosažena u znaků pro časovou a polohovou přesnost. Jednalo se o úroveň 71,2 %. U bodových znaků s jedním jevem byla dosažena úroveň 62,36 % a u bodových znaků s více jevy 60,96 %.

Při srovnání obou postupů provedení, je patrné, že došlo k rozdílu především u znaků pro časovou a polohovou přesnost. Druhý zvolený způsob vyhodnocení lépe vystihuje provedení konkrétních trialů, a proto lze jeho výsledek označit za přesnější a objektivnější.

Tab. 5.2.6.2 *Podobnost kognice mezi skupinami respondentů podle vzdělání (Loci s.) (na základě vytvoření oblastí zájmu na jednotlivých znaky a legendou)*

Skupina trialů	Podobnost kognice skupin respondentů [%]		
	kartografové	laikové	mezi skupinami
Bodové znaky (jeden jev)	62,86	60,98	62,36
Bodové znaky (více jevů)	61,50	59,72	60,96
Znaky pro časovou a polohovou přes.	75,68	70,14	71,20

Pro analýzu metodou Sequence similarity byly vytvořeny oblasti zájmu nad jednotlivými kartografickými znaky a legendou. Jejich navštívení bylo zaznamenáno do řetězce znaků a následně došlo k jeho porovnání mezi respondenty. Na základě

shodnosti a pořadí znaků v řetězci byla následně stanovena vzájemná podobnost. Tato část byla provedena pouze pro bodové znaky. Opět z důvodu komplikovaného vymezení oblastí zájmu nad liniovými a plošnými znaky.

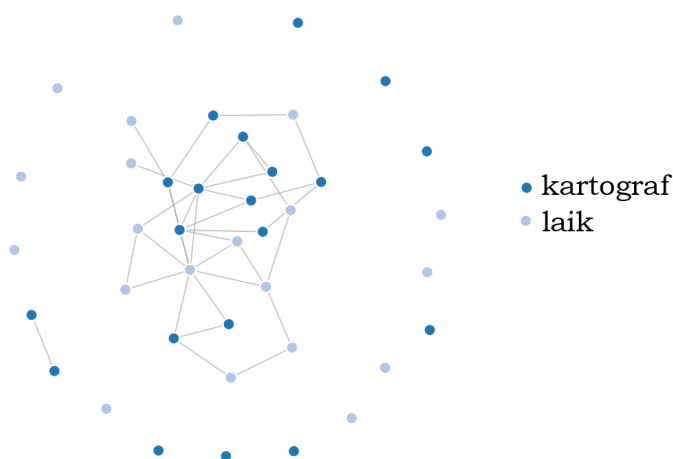
Podobnost respondentů v jednotlivých částech experimentu vyhodnocená na základě této metody byla nejvyšší u bodových znaků s jedním jevem. Jednalo se o shodu 36,9 %. Tento výsledek lze především přisuzovat jednoduchému provedení mapy, které nenabízí přílišný prostor pro dosažení výrazně odlišných průběhů čtení mapy. Naopak složitější provedení s bodovými znaky se znázorněním více jevů zaznamenalo tuto podobnost nejnižší a to 25,7 %. U znaků pro časovou a polohovou přesnost byla na úrovni 34 %. Z výsledku v tabulce 5.2.6.3 je patrné, že mezi kartografy bylo dosaženo vyšší podobnosti ve srovnání se skupinou laiků. Lze předpokládat, že je to způsobeno zkušenostmi a vědomostmi z oblasti kartografie, které využívají pro práci s mapou.

Tab. 5.2.6.3 *Podobnost kognice mezi skupinami respondentů podle vzdělání (Sequence s.)*

Skupina trialů	Podobnost kognice skupin respondentů [%]		
	kartografové	laikové	mezi skupinami
Bodové znaky (jeden jev)	37,8	35,6	36,9
Bodové znaky (více jevů)	29,7	23,7	25,7
Znaky pro časovou a polohovou přes.	35,3	32,4	34,0

Grafické znázornění výsledku této metody je na obrázku 5.2.6.1. Graf znázorňuje zjištěnou podobnost mezi průběhy čtení mapy s úrovní podobnosti 46 %. Je patrné, že došlo k jejímu zaznamenání mezi kartografy i laiky. Každý bod představuje jednoho respondenta a vzájemná podobnost je vyjádřena spojnici ve formě linie. Jeho vytvoření bylo provedeno v nástroji ScanGraph.

V tomto případě došlo na trialu C04 k vytvoření 23 skupin na základě identifikované podobnosti. Z toho však pouze 3 byly složené pouze z kartografů a jen 2 pouze z laiků. Zbytek je tvořen kombinací respondentů z obou skupin. Nedošlo tak k zaznamenání podobnosti kognice jen v konkrétní skupině respondentů, ale došlo k jejich vzájemnému prolnutí.



Obr. 5.2.6.1 *Vizualizace Sequence similarity mezi skupinami respondentů u trialu C04*
 $p = 0,46$

Pro posouzení podobnosti mezi jednotlivými skupinami respondentů byl použit také dvouvýběrový Wilcoxonův test. Ten byl zvolen z důvodu, že data neodpovídají Gaussovu normálnímu rozdělení a je tedy pro tento účel vhodný (Popelka, 2015). Bylo provedeno vyhodnocení parametru počtu fixací (*Fixations count*), doby sledování stimulu (*Trial Duration*) a délky oční trajektorie (*Gaze length*).

Ve většině případů byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami respondentů, pouze několik se lišilo. Odlišnost se nepodařilo prokázat ve vyhodnocení parametru počtu fixací u bodových znaků a znaků pro časovou a polohovou přesnost. Druhá zmiňovaná skupina trialů pak stejné situace dosáhla i v parametru délky oční trajektorie a to společně s bodovými znaky se znázorněním více jevů. V době sledování trialu pak rozdíl nebyl prokázán ani v jednom z provedení liniových znaků.

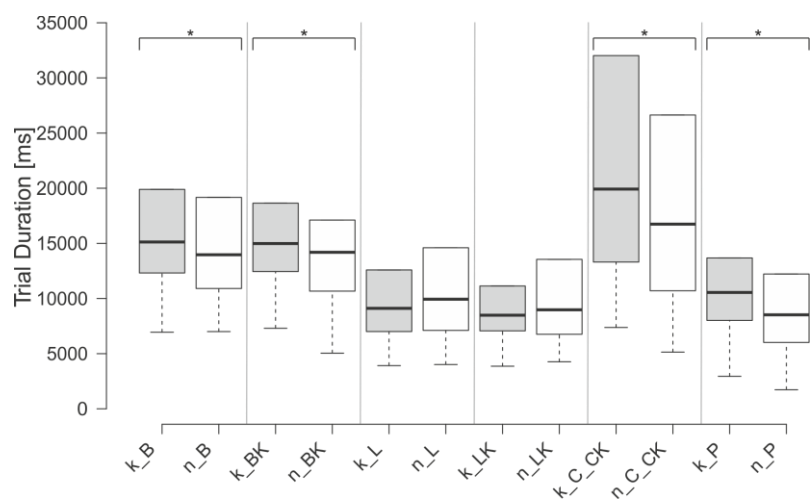
V každé skupině trialů byl zaznamenán případ statisticky významného rozdílu. Díky tomu je potvrzena odlišnost mezi oběma skupinami respondentů a vliv kartografického vzdělání na proces čtení mapy.

Tab. 5.2.6.4 *Výsledky Wilcoxonova dvouvýběrového testu mezi skupinou respondentů s kartografickým vzděláním a bez něj*

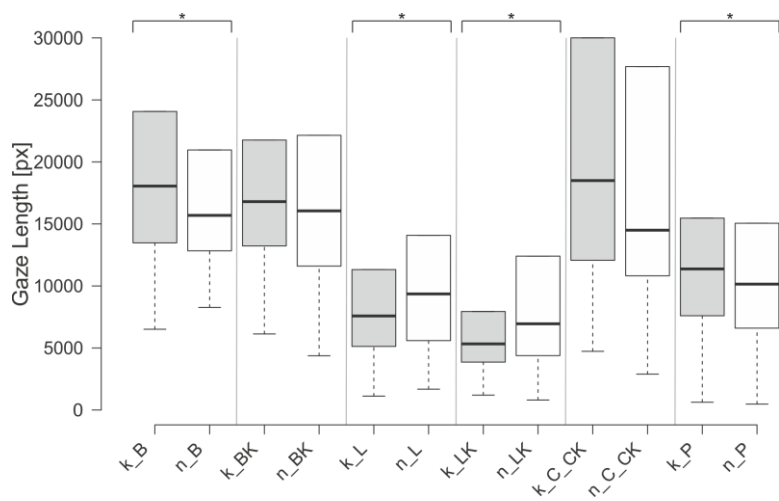
Skupina trialů	p-value		
	Trial duration	Gaze length	Fixations count
Bodové znaky (jeden jev)	0,0027	0,0437	0,1589
Bodové znaky (více jevů)	0,0144	0,2967	0,1642
Liniové znaky (jeden jev)	0,1498	0,0020	0,0018
Liniové znaky (více jevů)	0,8697	0,0001	0,0120
Znaky pro časovou a polohovou přes.	0,0064	0,0641	0,0954
Plošné znaky	<0,0001	0,0443	0,0004

Ve vyhodnocení zaznamenaných hodnot parametru Trial duration, který odpovídá době, po jakou respondenti vybírali odpověď na zadanou otázku, dopadli s celkovou nižší úrovní mediánu laikové. Tento výsledek však není jednoznačný, protože ve dvou částech experimentu byla nižší mediánová hodnota parametru Trial duration zaznamenána mezi kartografy. Konkrétně se jedná se o část s liniovými znaky s jedním a více jevy (k_L, k_LK). Nejvyšší rozdíl byl zaznamenán u znaků pro časovou a polohovou přesnost (k_C_CK). Rozdíl obou hodnot mediánu je 3 s ve prospěch laiků. Celkově lze tyto výsledky shrnout tak, že kartografové věnovali analýze informací v mapě větší dobu, výjimku tvoří pouze část s liniovými znaky.

Potvrzení předchozího výsledku nastalo i ve srovnání parametru délky dráhy pohledu respondenta Gaze length. Opět kromě části s liniovými znaky byla větší mediánová hodnota délky dráhy zaznamenána mezi kartografy. Tyto parametry je však nutné srovnat s výsledky správnosti vybraných odpovědí. V těch jednoznačně lépe dopadli kartografové a to ve všech případech. Lze to přisuzovat věnování většího úsilí pro získání správné informace, ale za cenu větší časové náročnosti.



Obr. 5.2.6.2 Porovnání hodnot parametru Trial duration mezi skupinami respondentů v jednotlivých částech experimentu (k – kartograf, n – laik)
(* zaznamenán statisticky významný rozdíl)



Obr. 5.2.6.3 Porovnání hodnot parametru Gaze length mezi skupinami respondentů v jednotlivých částech experimentu (k – kartograf, n – laik)
(* zaznamenán statisticky významný rozdíl)

6 DISKUZE

Tato práce je založena na datech získaných z eye-tracking experimentu, kterého se zúčastnilo 40 respondentů. Tento počet byl takto stanoven z důvodu náročnosti samotného měření. Struktura respondentů byla zvolena tak, aby pokryla co nejširší spektrum možných budoucích uživatelů navržených forem znakových sad.

Počáteční návrh znaků byl také podroben hodnocení vnímané vhodnosti ve formě dotazníkové šetření, kterého se zúčastnilo 100 osob. Díky tomu byly získány informace od opravdu široké skupiny potencionálních uživatelů s různým složením vzdělání, povolání, věku a pohlaví.

Eye-tracking experiment tedy ve výsledku sloužil pouze jako nástroj pro posouzení, zda nejlépe vnímané znaky poskytují v praktickém nasazení korektní výsledky. Tedy především správnou a rychlou interpretaci informace s identifikovatelnou mírou obsažené nejistoty.

Při sestavování jednotlivých trialů byl kladen důraz na to, aby jejich obsahová stránka a kompozice byla obdobná. Tím bylo zajištěno objektivní vyhodnocení, ve kterém nedošlo ke zvýhodnění žádného z testovaných provedení.

Samotné hodnocení znakových sad bylo založeno na parametru průměru hodnot. Ve všech případech však proběhlo posouzení rozložení dílčích hodnot. Pokud byl v datech identifikován výskyt více extrémů, došlo k sestavení výsledného hodnocení na základě mediánu, který se pro tyto případy jeví jako vhodnější a zajišťuje dosažení objektivitu ve výsledku.

Znakové sady v této práci byly navrženy s cílem intuitivního vyjádření informace s mírou nejistoty. Samozřejmě nedošlo k pokrytí všech jejich možných variant, byly však navrženy na základě výsledků a doporučení vědeckých studií, které se danou problematikou zabývají a byly doposud publikovány. Při návrhu dalších variant znaků tak může docházet k inspiraci a vzájemnému porovnání dosažených výsledků. Práce také poskytuje metodiku pro posouzení vhodnosti znaku pro vyjádření nejistoty. V případě zvolení vyhodnocení ve formě eye-tracking experimentu je také možné zpracovat zvláštní situace, které v této práci byly popsány.

Pro znázornění časové a prostorové přesnosti je vhodnější využívat tzv. globální znak nejistoty. Po jeho výběru respondentem se následně zobrazí pop-up okno se znaky dílčích typů nejistot. Tento způsob provedení nezpůsobuje zahlcení mapy vysokým počtem znaků a poskytuje čtenáři stejné množství informací. Software SMI Experiment Center, který byl v této práci použit pro eye-tracking experiment, tuto funkci bohužel v současnosti neumožňuje. Z tohoto důvodu byly znaky aplikovány přímo na mapové pole. K tomuto kroku bylo možné přikročit především proto, že cílem bylo posoudit samotné znaky a nikoliv způsob jejich umístění, který byl již testován a výše zmiňovaná varianta byla vyhodnocena jako nejvhodnější.

U některých respondentů byl zaznamenán problém s pochopením pojmu nejistota. Této situaci byla snaha předcházet pomocí jeho písemného a ústního vysvětlení. Z tohoto důvodu je vhodné zvážit jeho nahrazení za pojmy jako kvalita, přesnost a podobně. U nich lze předpokládat výrazně nižší náročnost na pochopení. Souvisejícím problémem byl popis legendy, který využíval termíny nízká a vysoká nejistota. Pojem vysoká u respondentů navodil pocit jistého jevu, bylo by tedy vhodné využít popis legendy ve formě nízká a vysoká kvalita.

Skupinu respondentů s kartografickým vzděláním tvořili převážně studenti geoinformatiky UP v Olomouci. Díky tomu mohlo dojít k jistému ovlivnění výsledků.

7 ZÁVĚR

Práce přináší shrnutí výsledků vědeckých studií, které se znázorněním nejistoty doposud zabývaly. Dochází tak k podání uceleného pohledu na tuto problematiku.

Na základě dosažených výsledků předchozích prací byly vytvořeny kartografické znakové sady vhodné právě pro znázornění nejistoty. Jejich vhodnost pro tento účel byla vyhodnocena pomocí eye-tracking experimentu a dotazníkového šetření. Celkem došlo k provedení dvou dotazníkových šetření s celkovým počtem přesahujícím 100 zúčastněných respondentů. U nich došlo k vyjádření vnímané pocitové vhodnosti konkrétní znakové sady k účelu vyjádření nejistoty. Eye-tracking experimentu se zúčastnilo 40 osob. Obsahoval 62 vytvořených mapových kompozic využívajících 14 bodových znakových sad, 7 liniových a 6 plošných. V jeho průběhu respondenti odpovídali na položené otázky, které se vždy vztahovaly ke konkrétnímu stimulu. Otázky v sobě nepřímě zahrnovaly dotaz na míru nejistoty. Na základě získaných dat došlo k vybrání znaků s nejlepším dosaženým výsledkem. Sledovaným parametrem se stalo množství správných odpovědí na zadanou otázku, průměrná doba sledování trialu, průměrná délka oční trajektorie a úroveň pocitové vnímané vhodnosti.

Dále došlo k posouzení provedení jednotlivých kartografických vizualizací, ve kterých byl důraz kladen zejména na způsob provedení legendy. To především z důvodu, že její podoba může výrazně ovlivnit rychlost a správnost interpretace výsledků. U ostatních kompozičních prvků mapy k takovému ovlivnění nedochází, proto bylo jejich vyjádření potlačeno ve prospěch zkoumaných částí. Po vyhodnocení výsledků byla vybrána nejlépe hodnocená varianta jejího provedení.

Část práce byla zaměřena na možnost současného vyjádření více jevů pomocí stejné znakové sady. Proto bylo sestaveno několik map, ve kterých byly umístěny již navržené znaky, u nichž bylo možné provést vzájemné odlišení jevů volbou různého barevného provedení. Po vyhodnocení výsledků byly vybrány nejlepší varianty znaků vhodných pro tento účel, včetně doporučené formy legendy.

U všech znaků byla snaha o jejich možné univerzální uplatnění, tomu bylo přizpůsobeno i jejich grafické provedení. Výjimku tvořila specifická skupina znaků pro znázornění dílčích typů kvality dat, a to časové a prostorové. Použití těchto znaků se mírně odlišuje od ostatních a to tím, že nedochází k jejich samostatnému umístění do mapy, ale do blízkosti hlavního znaku jevu, u kterého pak vyjadřují úroveň těchto dílčích typů kvality obsažených v informaci. Jejich grafické provedení je také přizpůsobeno tak, aby ve čtenáři navozovalo souvislost s časem a prostorem.

Ve všech částech práce došlo k porovnání výsledků mezi skupinami respondentů s kartografickým vzděláním a bez něj. Cílem tohoto kroku bylo vyhodnocení vlivu těchto vědomostí na proces čtení mapy se znázorněním nejistoty. Kartografové zastupují odborný názor a skupina laiků pak zajišťuje možnost porozumění tomu, jak osoby bez kartografických vědomostí získávají informace z mapy. Díky těmto znalostem je pak možné znakové sady navrhnout v takové podobě, že jejich možnost uplatnění v praxi bude opravdu široká.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BARRON, CHRISTOPHER A KOL. A COMPREHENSIVE FRAMEWORK FOR INTRINSIC OPENSTREETMAP QUALITY ANALYSIS. TRANSACTIONS IN GIS: 2014. NEW JERSEY: BLACKWELL PUBLISHING, 2014, 18(6), 5.

BERJAWI, BILAH A KOL. UNCERTAINTY VISUALIZATION OF MULTI-PROVIDERS CARTOGRAPHIC INTEGRATION. JOURNAL OF VISUAL LANGUAGES AND COMPUTING. NEW YORK: ELSEVIER, 2014, 2014(25), 8.

BRASHERS, DALE A KOL. THE APPRAISAL AND MANAGEMENT OF UNCERTAINTY: IMPLICATIONS FOR INFORMATION-RETRIEVAL SYSTEMS. INFORMATION PROCESSING AND MANAGEMENT. NEW YORK: ELSEVIER, 2013, 2013(49), 9.

BRUS, JAN. VIZUALIZACE NEJISTOTY V ENVIRONMENTÁLNÍCH STUDIÍCH. 1. VYD. OLOMOUC: UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, 2014. TERRA NOTITIA. ISBN 978-80-244-4170-2.

BURIAN, J., PÁSZTO, V., TUČEK, P. A KOL. GEOINFORMATIKA PŘI ANALÝZÁCH RURÁLNÍHO A URBÁNNÍHO PROSTORU, UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, 2013, 120S.

ČERBA, OTAKAR. POPIS DAT PRO GEOINFORMAČNÍ TECHNOLOGIE [ONLINE]. PLZEŇ: ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI, 2010. DOSTUPNÉ TAKÉ Z: [HTTP://GEOMATIKA.KMA.ZCU.CZ/STUDIUM/SGG/MATERIALY/DATA.PDF](http://GEOMATIKA.KMA.ZCU.CZ/STUDIUM/SGG/MATERIALY/DATA.PDF)

DEVILLERS, RODOLPHE, H. GOODCHILD A KOL. SPATIAL DATA QUALITY: FROM PROCESS TO DECISIONS. BOCA RATON, FLA.: CRC PRESS, C2010. ISBN 978-1-4398-1012-5.

DODGE, MARTIN, MARY MCDERBY, MARTIN TURNER A KOL. GEOGRAPHIC VISUALIZATION: CONCEPTS, TOOLS AND APPLICATIONS. HOBOKEN, N.J.: JOHN WILEY & SONS, C2008. ISBN 978-0-470-51511-2.

DOLEŽALOVÁ, JITKA A STANISLAV POPELKA. SCANGRAPH: A NOVEL SCANPATH COMPARISON METHOD USING GRAPH CLIQUES VISUALIZATION. JOURNAL OF EYE MOVEMENT RESEARCH. BERN: UNIVERSITY OF BERN, 14 [INPRINT].

DOLEŽALOVÁ JITKA, STANISLAV POPELKA, ONDŘEJ ŠTRŮBL. SCANGRAPH: 0.9 [ONLINE]. UP OLOMOUC. [SOFTWARE] DOSTUPNÉ Z: [HTTP://EYETRACKING.UPOL.CZ/SCANGRAPH/](http://EYETRACKING.UPOL.CZ/SCANGRAPH/)

DROR, YEHEZKEL. BEYOND UNCERTAINTY: FACING THE INCONCEIVABLE. TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE. NEW YORK: ELSEVIER, 1999, 1999(62), 3.

HANZELKA, JAN. TYPOLOGIE UŽIVATELŮ MAP NA ZÁKLADĚ EYE TRACKING SYSTÉMU. OLOMOUC: UPOL, 2013.

JEŽEK, JOSEF. GEOSTATISTIKA A PROSTOROVÁ INTERPOLACE. VYDÁNÍ PRVNÍ. V PRAZE: UNIVERZITA KARLOVA, NAKLADATELSTVÍ KAROLINUM, 2015. ISBN 978-80-246-3076-2.

KINKELDEY, CHRISTOPH A KOL. EVALUATING THE USE OF UNCERTAINTY VISUALIZATION FOR EXPLORATORY ANALYSIS OF LAND COVER CHANGE: A QUALITATIVE EXPERT USER STUDY. COMPUTERS & GEOSCIENCES. NEW YORK: ELSEVIER, 2015, 2015(84), 8.

KOMINÁCKÁ, JITKA. PROSTOROVĚ ORIENTOVANÉ SYSTÉMY PRO PODPORU MANAŽERSKÉHO ROZHODOVÁNÍ. 1. VYD. PRAHA: C.H. BECK, 2007. STR. 15.

KUBÍČEK, PETR. VYBRANÉ ASPEKTY VIZUALIZACE NEJISTOTY GEOGRAFICKÝCH DAT. BRNO: MASARYKOVA UNIVERZITA, 2012.

KUČERA, MICHAL. VYUŽITÍ OPEN-SOURCE NÁSTROJŮ PRO PŘÍPRAVU, PRŮBĚH A VYHODNOCENÍ EYE-TRACKING EXPERIMENTŮ. OLOMOUC: UPOL, 2014.

MACEACHREN, ALAN A KOL. VISUAL SEMIOTICS & UNCERTAINTY VISUALIZATION: AN EMPIRICAL STUDY. TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS: 2012. LOS ALAMITOS: IEEE COMPUTER SOCIETY, 2012, 2012(10), 11.

MACEACHREN, ALAN M. HOW MAPS WORK: REPRESENTATION, VISUALIZATION, AND DESIGN. PBK. ED. NEW YORK: GUILFORD PRESS, 2004. ISBN 157230040X.

MAPY GOOGLE [ONLINE]. SILICON VALLEY: GOOGLE, 2016. DOSTUPNÉ TAKÉ Z: MAPS.GOOGLE.COM

MCKELVIE, ALEXANDER A KOL. UNPACKING THE UNCERTAINTY CONSTRUCT: IMPLICATIONS FOR ENTREPRENEURIAL ACTION. JOURNAL OF BUSINESS VENTURING. NEW YORK: ELSEVIER, 2011, 2011(26), 20.

POPELKA, STANISLAV. HODNOCENÍ 3D VIZUALIZACÍ V GIS S VYUŽITÍM SLEDOVÁNÍ POHYBU OČÍ. 1. VYDÁNÍ. OLOMOUC: UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, 2015. TERRA NOTITIA. ISBN 978-80-244-4803-9.

POPELKA STANISLAV, ONDŘEJ ŠTRUBL A ALŽBĚTA BRYCHTOVÁ. SMI2OGAMA: 1.0 [ONLINE]. UP OLOMOUC. [SOFTWARE] DOSTUPNÉ Z: [HTTP://EYETRACKING.UPOL.CZ/SMI2OGAMA/](http://eyetracking.upol.cz/smi2ogama/)

RAPANT, PETR. DATA, INFORMACE, ZNALOSTI, MOUDROST.: GEODATA, GEOINFORMACE. OSTRAVA: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA, INSTITUT GEOINFORMATIKY, 2014.

RAPANT, PETR. GEOINFORMATIKA A GEOINFORMAČNÍ TECHNOLOGIE. 1. VYD. OSTRAVA: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA, INSTITUT GEOINFORMATIKY, 2006. ISBN 80-248-1264-9.

REINKE, KARIN A GARY HUNTER. SPATIAL DATA QUALITY: A THEORY FOR COMMUNICATING UNCERTAINTY IN SPATIAL DATABASES. LONDON: TAYLOR&FRANCIS, 2002. Str. 76-89.

MAPY.CZ: Z 19. STOLETÍ [ONLINE]. PRAHA: SEZNAM, 2016. DOSTUPNÉ TAKÉ Z: WWW.MAPY.CZ/19STOLETI

SHI, WENZHONG. PRINCIPLES OF MODELING UNCERTAINTIES IN SPATIAL DATA AND SPATIAL ANALYSES. BOCA RATON: CRC PRESS, C2010. ISBN 978-1-4200-5927-4.

SCHOLZ, RUOJING A YONGMEI LU. UNCERTAINTY IN GEOGRAPHIC DATA ON BIVARIATE MAPS: AN EXAMINATION OF VISUALIZATION PREFERENCE AND DECISION MAKING. GEO-INFORMATION. BASEL: MDPI AG, 2014, 2014(3), 18.

ZHANG, JINGXIONG A MICHAEL GOODCHILD. UNCERTAINTY IN GEOGRAPHICAL INFORMATION. NEW YORK: TAYLOR, 2002. RESEARCH MONOGRAPHS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS. ISBN 04-152-7723-X.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

Příloha 1 Tabulky se statistickými parametry

Volné přílohy

Příloha 2 Navržené kartografické znaky

Příloha 3 Poster

Příloha 4 DVD

Popis struktury DVD

Adresáře:

metadata

text_prace

vystupni_data/dotaznik1

vystupni_data/dotaznik2

vystupni_data/eye-tracking

WEB

Příloha 1 *Tabulky se statistickými parametry*

Tab. 1 *Nastavení parametrů algoritmu pro identifikaci fixací a sakád programu OGAMA (podle Popelku, 2015)*

Parametr	Hodnota
Maximum distance	15
Minimum number of samples	10
Merge	No
Diameter ratio of fixation	12

Tab. 2 *Hodnoty parametru Trial duration a Gaze length u bodových znakových sad pro všechny a jednotlivé skupiny respondentů*

	Trial duration [s]			Gaze length [px]		
	celkem	kartograf	laik	celkem	kartograf	laik
B01	15,2	15,8	14,5	18 549	18 716	18 381
B02	18,3	17,1	19,5	21 156	20 386	21 927
B03	16,5	17,7	15,2	18 030	19 040	17 019
B04	16,7	17,3	16,1	17 408	17 717	17 099
B05	17,8	17,8	17,7	21 855	21 737	21 972
B06	16,0	17,0	15,0	18 392	18 873	17 911
B07	15,9	16,6	15,3	20 877	20 651	21 103
B08	15,4	16,5	14,3	17 031	17 411	16 652
B09	19,3	19,9	18,7	20 188	20 736	19 640
B10	15,2	16,5	13,9	16 778	17 940	15 617
B11	17,5	17,8	17,2	19 944	20 152	19 736
B12	18,4	20,1	16,7	20 793	21 538	20 049

Tab. 3 *Hodnoty parametru Trial duration a Gaze length u bodových znakových sad s více jevy pro všechny a jednotlivé skupiny respondentů*

	Trial duration [s]			Gaze length [px]		
	celkem	kartograf	laik	celkem	kartograf	laik
BK01	12,5	13,7	11,3	13 579	13 768	13 391
BK02	17,5	19,4	15,6	24 302	23 499	25 105
BK03	16,7	17,0	16,5	18 469	19 544	17 395
BK04	13,9	13,7	14,0	17 904	16 875	18 934
BK05	16,7	17,6	15,8	17 349	17 515	17 183
BK06	17,7	17,9	17,5	21 067	21 178	20 957
BK07	16,0	16,1	15,9	16 599	17 271	15 928
BK08	13,2	13,5	12,8	14 931	15 636	14 226

Tab. 4 Hodnoty parametru Trial duration a Gaze length u liniových znakových sad pro všechny a jednotlivé skupiny respondentů

	Trial duration [s]			Gaze length [px]		
	celkem	kartograf	laik	celkem	kartograf	laik
L01	9,9	10,1	9,8	9 512	9 037	9 987
L02	12,6	11,4	13,9	10 155	9 404	10 905
L03	10,9	9,6	12,2	10 651	8 359	12 942
L04	10,4	9,3	11,5	10 286	8 618	11 953
L05	14,7	14,3	15,0	15 187	12 835	17 539
L06	10,6	10,4	10,9	10 250	8 553	11 948
L07	10,2	9,1	11,4	7 525	6 321	8 730
L08	10,7	10,8	10,5	10 817	9 062	12 572
L09	10,7	10,5	11,0	9 045	7 860	10 231
L10	12,2	13,5	10,9	11 482	11 675	11 290
L11	10,6	9,4	11,9	9 861	9 177	10 546
L12	11,3	10,2	12,5	10 402	9 045	11 760
L13	11,1	10,6	11,6	8 813	8 123	9 504
L14	12,2	13,6	10,9	10 341	11 025	9 658

Tab. 5 Hodnoty parametru Trial duration a Gaze length u liniových znakových sad s více jevy pro všechny a jednotlivé skupiny respondentů

	Trial duration [s]			Gaze length [px]		
	celkem	kartograf	laik	celkem	kartograf	laik
LK01	11,0	10,6	11,3	9 512	7 668	11 357
LK02	12,3	11,6	13,1	8 131	6 225	10 036
LK03	10,9	11,5	10,4	7 311	5 931	8 691
LK04	11,6	11,7	11,5	6 939	5 762	8 117
LK05	11,5	10,6	12,4	7 087	6 182	7 992
LK06	13,4	14,1	12,7	8 680	8 225	9 135
LK07	10,9	11,8	9,9	6 999	5 863	8 134
LK08	11,3	12,1	10,5	8 627	6 771	10 482
LK09	12,1	11,3	13,0	6 778	5 744	7 813

Tab. 6 Hodnoty parametru *Trial duration* a *Gaze length* u plošných znakových sad pro všechny a jednotlivé skupiny respondentů

	Trial duration [s]			Gaze length [px]		
	celkem	kartograf	laik	celkem	kartograf	laik
P1L	13,5	13,9	13,2	16 089	15 097	17 082
P1H	12,4	14,4	10,4	15 230	15 840	14 620
P2L	8,3	9,1	7,6	7 337	7 070	7 603
P2H	9,2	10,1	8,3	9 510	9 703	9 318
P3L	9,1	9,7	8,5	10 288	10 178	10 398
P3H	9,8	10,5	9,1	10 098	10 659	9 538
P4L	8,7	8,4	9,0	9 811	8 898	10 724
P4H	10,7	11,1	10,4	12 369	13 059	11 679
P5L	10,7	11,1	10,2	11 187	11 156	11 219
P5H	9,2	10,6	7,7	11 678	12 504	10 852
P6L	8,4	9,2	7,6	8 778	8 748	8 808
P6H	9,7	10,7	8,6	13 424	14 444	12 405

Tab. 7 Hodnoty parametru *Trial duration* a *Gaze length* u znakových sad určených pro znázornění časové a prostorové přesnosti pro všechny a jednotlivé skupiny respondentů

	Trial duration [s]			Gaze length [px]		
	celkem	kartograf	laik	celkem	kartograf	laik
C01_AB	15,1	16,0	14,2	14 760	16 284	13 236
C02_BB	15,6	17,1	14,0	14 203	15 410	12 996
C03_BA	17,8	19,8	15,8	17 209	17 935	16 483
C04_AA	17,1	18,1	16,1	15 594	15 614	15 575

Tab. 8 Hodnoty parametru *Trial duration* a *Gaze length* u znakových sad určených pro znázornění časové a prostorové přesnosti s více jevy pro všechny a jednotlivé skupiny respondentů

	Trial duration [s]			Gaze length [px]		
	celkem	kartograf	laik	celkem	kartograf	laik
CK01_AA	31,3	37,2	25,3	31 332	34 987	27 677
CK02_BB	32,7	34,5	31,0	34 983	36 634	33 331