

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**ODLIŠNOSTI ČTENÍ ORTOFOTOMAP A
KONVENČNÍCH MAP**

Bakalářská práce

Aleš Fryčák

Vedoucí práce: Prof. RNDr. VÍT VOŽENÍLEK, Csc.

Olomouc 2015

Geoinformatika a geografie / Geoinformatika

ANOTACE

Cílem práce je identifikovat odlišnosti čtení ortofotomap a konvenčních map pomocí eye-trackingových testů.

Teoretická část práce obsahuje rešerši současného stavu literatury v oblasti ortofotomap a eye-trackingu.

Praktická část práce zahrnuje vytvoření eye-trackingových testů k identifikaci odlišností ve čtení ortofotomap a konvenčních map, testování respondentů a následné vyhodnocení testů a vizualizaci výsledků a jejich informací. Konec praktické části obsahuje syntézu všech výsledků experimentu a následné doporučení pro využívání ortofotomap a konvenčních map v různých oblastech lidské činnosti.

Odlišnosti čtení jednotlivých map se zjistily pomocí eye-trackingového testování. Test obsahoval 20 stimulů složených z výřezu ortofotomapy a mapy konvenční. Ke stimulům byly přiřazeny otázky a úkoly. Stimuly byly rozděleny do tří skupin – Position, Veget a Trans. Position se zaměřuje na určování polohy objektů, Veget na rozlišení vegetace a Trans na vyhledávání dopravních spojení.

Sledovány byly ET metriky Dwell time, Fixation count, Počet odpovědí na jednotlivých mapách a Správnost odpovědí. Po vyhodnocení těchto sledovaných metrik v jednotlivých skupinách i celkově lze říci, že konvenční mapy poskytují pro uživatele lepší prostředí pro orientaci než ortofotomapy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ortofotomapa; Konvenční mapa; Eye-tracking; Odlišnosti čtení.

Počet stran práce: 51

Počet příloh: 1 (z toho 1 volné a 1 elektronické)

ANOTATION

The aim of the work is identify the differences between orthophotomaps and conventional maps by using eye-tracking tests.

The theoretical part contains the current state of the literature search of orthophotos and eye-tracking. Practical work includes creating eye-tracking tests to identify differences in reading orthophotos and conventional maps, testing the respondents, evaluation of eye-tracking tests and visualization of test results and informations. End of practical part contains a synthesis of all the results of the experiment and the subsequent recommendations for the use of conventional maps and orthophotos in various parts of human activity.

Differences in reading both types of maps are found by using eye-tracking testing. The test contained 20 stimuli consisting of orthophoto map section and conventional map section. Stimuli were divided into three groups - Posititon, Veget and Trans. Position is aimed at positioning objects, Veget resolution of vegetation and Trans searching transport links.

ET metrics such as Dwell time, Fixation count, number of answers on orthophoto maps or conventional maps and the accuracy of answers. After evaluating these metrics monitored in each group and in whole test, we can say that conventional maps provide a better environment for users to orientation than orthophoto maps.

KEYWORDS

Orthophotomap; Conventional map; Eye-tracking; Differences in reading.

Počet stran práce: 51

Počet příloh: 1 (z toho 1 volné a 1 elektronické)

Prohlašuji, že

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

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

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

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

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

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

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské 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

Aleš Fryčák

Děkuji vedoucímu práce Prof. RNDr. Vítu Voženíkovi, Csc. za podněty a připomínky při vypracování práce.

Dále děkuji konzultantu Mgr. Stanislavovi Popelkovi za cenné připomínky, rady a strávený čas ohledně eye-trackingového testování a vyhodnocování.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
Přirodovědecká fakulta
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš FRYČÁK**
Osobní číslo: **R110411**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Název tématu: **Odlišnosti čtení ortofotomaps a konvenčních map**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Cílem bakalářské práce je identifikovat odlišnosti ve způsobu čtení ortofotomaps a konvenčních map pomocí eye-trackingových testů. Student navrhne, připraví, zrealizuje a vyhodnotí eye-trackingové testy, ve kterých bude sledovat na vybraných úlohách řešených nad ortofotomapsami a konvenčními mapami odlišné způsoby jejich čtení. Student bude v testování porovnávat ortofotomapsu a konvenční mapu stejného obsahu a formátu.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry.

O bakalářské práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro bakalářské a magisterské práce na KGI. Na závěr diplomové práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Voženílek, V. (2005): Cartography for GIS - geovisualization and map communication. Vydavatelství UP, Olomouc, 140 s.
Bělka, L., Voženílek, V. (2013): Ortofotomapa - geovizualizace materiálů dálkového průzkumu Země. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 141 s.
Voženílek, V., Kaňok, J. a kol. (2011): Metody tematické kartografie - vizualizace prostorových dat. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 216 s.
Popelka, S., Brychtová, A., Voženílek, V. (2012): Eye-tracking a jeho využití při hodnocení map — [Eye-tracking and its use for assessment of maps]. Geografický časopis, Vol. 64, No. 1, pp. 71-87.
konferenční sborníky z ICA a KSČR kongresů a konferencí

Vedoucí bakalářské práce: **Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání bakalářské práce: **28. května 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2014**

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOMATIKY
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc
-1-

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan


Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 28. května 2013

OBSAH

ÚVOD	9
1 CÍLE PRÁCE	11
2. METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	12
2.1 Postup zpracování.....	12
2.2 Použitá data	13
2.3 Použité programy	13
3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	14
3.1 Ortofotomapa a ortofotosnímek	14
3.2 Eye-tracking	17
4. SESTAVENÍ EXPERIMENTU	20
4.1 Příprava experimentu.....	20
4.2 Testování.....	22
4.3 Position	22
4.4 Veget	24
4.5 Trans	27
5. VYHODNOCENÍ TESTŮ	30
5.1 Celková analýza.....	30
5.1.1 Fixation Count.....	30
5.1.2 Dwell time.....	31
5.1.3 Počet odpovědí	32
5.1.4 Správnost odpovědí.....	33
5.2 Position	34
5.2.1 Fixation Count.....	34
5.2.2 Dwell time.....	35
5.2.3 Počet odpovědí	36
5.2.4 Správnost odpovědí.....	37
5.3 Veget	37
5.3.1 Fixation Count.....	38
5.3.2 Dwell Time	39
5.3.3 Počet odpovědí	40
5.3.4 Správnost odpovědí.....	41
5.4 Trans	41
5.4.1 Fixation Count.....	42
5.3.2 Dwell Time.....	43
5.3.3 Počet odpovědí	44
5.3.4 Správnost odpovědí.....	45
6. DOPORUČENÍ.....	46
7. VÝSLEDKY	47

8. DISKUZE	49
9. ZÁVĚR	51
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SUMMARY	
PŘÍLOHY	

ÚVOD

Tématem mé bakalářské práce je „Odlišnosti čtení ortofotomap a konvenčních map“.

Když jsem toto téma viděl poprvé, ani jsem netušil jakým způsobem, za jakých okolností a vůbec co by bylo náplní práce. Nicméně srozumitelnost tématu a lehká představa, co by mohlo být předmětem a náplní práce. Po přečtení podrobnějšího zadání práce jsem byl zaujat hlavně spojením práce s eye-trackingovým testováním, a to mě velice zaujalo a v podstatě rozhodlo o mém tématu bakalářské práce.

Zpočátku jsem se těšil na práci v laboratoři a poznávání ET technologie, nicméně prvotním úkolem byl sběr dostupných ortofotomap. Z prvotního nadšení se postupně stala noční můra, protože jsem netušil, že získat do rukou hotovou za určitým účelem vytvořenou ortofotomapu bude takový problém. Většina institucí pracuje s jednotlivými vrstvami, to znamená, že si na podkladová data nahrávají vrstvy (silniční sítě, využití území, atd.) a hotové ortofotomapy v podstatě nepotřebují.

Po dlouhé době sběru byla situace bezvýchodná. Po dohodě s vedoucím práce jsem se rozhodl, že si vytvořím vlastní mapy, respektive mapové výřezy z webové aplikace Mapy.cz od společnosti Seznam.cz, a.s. Od té doby se práce pohnula kupředu a mě samotného to začalo i více bavit a zajímat. Zjistil jsem, jakým způsobem se vytváří ortofotomapy, že jejich tvorba je velmi omezená a nákladná a že i literatura zabývající se ortofotomapami není moc rozšířená.

Při tvoření experimentu vznikaly různé problémy se stimuly, s výběrem otázek i s organizací respondentů. Nakonec se však vše v rámci možností podařilo a testování proběhlo úspěšně a i ve velkém počtu respondentů.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je identifikovat odlišnosti ve způsobu čtení ortofotomap a konvenčních map pomocí eye-trackingových testů.

V teoretické části práce je cílem provést rešerši současného stavu literatury v oblasti ortofotomap a eye-trackingu.

Úkolem praktické části práce je vytvoření souboru eye-trackingových testů k identifikaci odlišností ve čtení ortofotomap a konvenčních map, testování respondentů a následné vyhodnocení testů a vizualizace výsledků a jejich informací. Posledním úkolem praktické části je syntéza všech výsledků experimentu a následné vytvoření doporučení pro využívání ortofotomap a konvenčních map v různých oblastech vyhledávání na mapě.

Význam práce spočívá ve zjištění, které určí, ve kterých oblastech rozdíl mezi ortofotomapami a konvenčními mapami není nebo je jen nepatrný, nebo ve kterých oblastech rozdíly existují. Výsledky ukáží do jisté míry i preference jednotlivých běžných uživatelů, jakým mapám dávají přednost, které používají jen výjimečně, a jestli se tyto preference vyskytují individuálně nebo jde o preferenci většiny.

Díky bakalářské práci bude umožněno zjistit, jestli jsou pro běžné uživatele vhodnější ortofotomapy nebo konvenční mapy pro určený typ vyhledávání. Bude umožněno pokračovat ve zkoumání výsledků, které budou reprezentovat velké rozdíly mezi respondenty a mezi mapami. Bude zkrátka odrazovým můstkem pro další podrobnější zkoumání zajímavých výsledků práce.

2. METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Pro vytvoření této bakalářské práce byly využity mapové výřezy konvenčních map a ortofotomap z webové aplikace Mapy.cz od společnosti Seznam.cz, a.s. Pro zjištění odlišností ve čtení ortofotomap a konvenčních map byl v rámci bakalářské práce realizován eye – tracking test a jeho následné vyhodnocení interpretovalo rozdíly a preference běžných uživatelů při čtení obou druhů map.

2.1 Postup zpracování

Zpracování práce probíhalo v několika krocích či fázích, které názorně představuje níže uvedený vývojový diagram práce (Obr. 1)



Obr. 1 Vývojový diagram práce

Postup práce probíhal v následujících krocích. Přípravná fáze představovala nastudování současného stavu řešené problematiky, které bylo zaměřeno na 2 hlavní okruhy, kterými byly studium ortofotomap, studium eye-trackingu. Následně byla provedena rešerše nastudované literatury.

Projektová fáze zahrnovala sběr a úpravu dat z webové aplikace Mapy.cz. byly vytvořeny mapové výřezy ortofotomap a konvenčních map, které byly dále upraveny pro potřeby ET testování v grafickém editoru. Následoval import stimulů do programu SMI Experiment Center, kde byl poté vytvořen ET experiment podle potřeb testování.

Fáze testování probíhala na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. Protože byly testy zaměřeny na běžné uživatele, byli osloveni studenti vysokých škol s výjimkou studentů geoinformatiky. Ve fázi vyhodnocení a interpretace byl vyhodnocen celý experiment a výsledky byly zpracovány do vizuální tabulkové i grafické podoby a okomentovány.

2.2 Použitá data

Tvorba dat zahrnovala vytvoření mapových dvojic, kde každou dvojici tvořil výřez ortofotomapy a konvenční mapy. Celkem bylo vytvořeno 20 mapových dvojic, kde se ortofotomapa nacházela na levé a konvenční mapa na pravé straně. Pro každou dvojici byl vytvořen ekvivalent s ortofotomapou na levé a konvenční mapou na pravé straně z toho důvodu, aby při testování nebyla ortofotomapa pokaždé na stejné straně. Výsledná data byla vytvořena z webové aplikace Mapy.cz, která patří společnosti Seznam.cz, a.s.

2.3 Použité programy

Data byla vytvořena z webové aplikace Mapy.cz od společnosti Seznam.cz, a.s. Následná úprava na potřebné rozlišení pro potřeby testování proběhlo v grafickém editoru Gimp verze 2.8.10. Tvorba testů, export výsledků testování a následná analýza výsledků byla provedena v eye-trackingové laboratoři na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci prostřednictvím sady programů SMI Experiment Suite 360° obsahující SMI Experiment Center se systémy SMI iView X a SMI BeGaze. K samotnému eye-trackingovému testování byl využit eye-tracker RED 250 od společnosti SMI.

Pro vyhodnocení a následnou vizualizaci byly kromě SMI BeGaze použity i programy Ogama, program pro práci se statistickými údaji R studio a MS Excel pro úpravu tabulek.

3. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V posledních letech se ortofotomapa stala velice oblíbeným a stále více využívaným kartografickým produktem. Její rostoucí dostupnost a využití jsou spojeny s nespornými výhodami, kterými jsou věrnost zobrazení objektů a jevů, úplné zachycení mapované oblasti bez použití generalizace, zapamatovatelnost díky reálnému zachycení objektů a srozumitelnost pro širokou veřejnost. Protože nejrozličnější zdroje vysvětlují a definují ortofotomapu odlišně, chybně nebo neúplně, je potřeba přiblížit obsah pojmu Ortofotomapa.

3.1 Ortofotomapa a ortofotosnímek

Ortofotomapa je částečně produktem fotogrammetrie, konkrétně leteckého a družicového snímkování. Výsledkem je letecký měřičský snímek, který ovšem ještě nelze nazývat ortofotomapou v pravém slova smyslu. Snímek prochází potřebnými korekcemi a úpravami. Tyto korekce a úpravy jsou nezbytné, protože při snímkování dochází ke geometrickému zkreslení snímku, které je způsobeno odlišnou vzdáleností nebo výškou terénu. Prostředkem pro odstranění těchto výškových rozdílů je digitální výškový model území (Gisat | Ortorektifikace, [b.r.]).

Ortorektifikace, ortogonalizace nebo diferenciální překreslení není ovšem jen odstranění geometrického zkreslení, dalšími částmi nezbytnými pro kompletní ortorektifikaci jsou také nutnost převedení snímku do mapové projekce, kterou požadujeme, přesné souřadnicové umístění a převzorkování na stejné požadované rozlišení.

Z leteckého nebo družicového snímku tedy vzniká ortorektifikací ortofotosnímek neboli ortogonalizovaný letecký měřičský snímek, který slouží jako podklad pro tvorbu ortofotomapy. (Gisat | Ortorektifikace, [b.r.]).

Komplexnější vysvětlení podává Bělka (2006, s. 9-18), který uvádí, že „Ortogonalizovaný letecký měřičský snímek neboli ortofotosnímek jako hlavní podklad ortofotomapy nese informaci o reálném stavu mapovaného území v době jeho pořízení a zachycuje polohu i vzájemné vztahy fyzickogeografických a antropogenních složek krajiny.“ Z toho vyplývá, že ortofotosnímek je v podstatě „slepá mapa“, ve které je bez znalosti zaznamenaného území velice obtížná orientace. Proto je nezbytné k tomuto snímku přidat další náležitosti mapy.

Po objasnění pojmu ortofotosnímek Bělka (2006, s. 9-18) vysvětluje i nadstavbu nezbytnou pro přechod ortofotosnímku na ortofotomapu: „Ortofotomapa je kartografickým dílem, které jako hlavní podklad využívá ortogonalizovaný letecký měřičský snímek (LMS), přičemž si zachovává všechny náležitosti mapy - měřítko, souřadnicový systém, orientaci, rámové a mimorámové údaje. Na ortogonálně překreslený snímek je pak nasazována vektorová nadstavba v podobě kartografických znaků pro komunikace, vodní linie a plochy, ale i např. popisů uliční sítě nebo informací o bodových objektech. Tím tradiční ortofoto získává symboliku a lze do jeho označení přidat pojem mapa.“

Ve spojení s Voženílkem (VOŽENÍLEK, BĚLKA, 2013) se věnují podrobněji konceptu ortofotomapy a tento pojem uceleně popisují a rozšiřují. Autoři uvádí, že „ortofotomapuou se rozumí kartografický produkt, který zobrazuje geografický prostor v určitém kartografickém zobrazení a měřítku, přičemž její obsah je tvořen obrazovou a znakovou složkou. Aby se z ortofotosnímku (obecně obrazové složky) stala ortofotomapa, musí získat tři nezbytné atributy: kartografické zobrazení, měřítko a znakovou složku ve smyslu jazyka mapy.“

Mapového pole ortofotomap, přesněji jeho obsah, rozdělují autoři na dvě části, a to složku obrazovou a znakovou. Obrazovou složku nejčastěji představuje ortofotosnímek neboli ortorektifikovaný letecký nebo družicový snímek. Znakovou složkou chápou jako sadu vektorových vrstev (body, linie, plochy, text) a každému znázorňovanému objektu či jevu je přiřazen kartografický znak ze znakového klíče, který je předem vytvořen.

Dále se autoři snaží o zavedení rozdělení ortofotomap na topografické a tematické. Topografická ortofotomapa je všeobecná mapa, jejíž hlavním zdrojem informací je ortofotosnímek. Protože ortofotosnímek nedokáže zachytit nebo zdůraznit všechny objekty nebo jevy, znaková složka se používá právě pro tyto objekty.



Obr. 2 Topografická ortofotomapa Solnice (zdroj: BĚLKA, VOŽENÍLEK, 2013).

Tematická ortofotomapa je mapou zaměřenou tematicky, kde je nositelem konkrétního tématu buď ortofotosnímek nebo právě znaková složka. Pokud jde o ortofotosnímek, využívá se barevné kombinace v nepravých barvách a kostrou mapy je znaková složka, která vypomáhá ke snadnější orientaci v mapovém území. Pokud je zdrojem tématu znaková složka, topografickým podkladem je ortofotosnímek, který ustupuje do pozadí (BĚLKA, VOŽENÍLEK, 2013).

3.2 Eye-tracking

Eye-trackingová technologie umožňuje identifikaci pohybu očí i charakteristik samotného pohybu očí sledovaného subjektu při sledování a vnímání obrazu, textu, webových stránky, atd. Tento proces je zajišťován tzv. eye-trackery, přístroji, které sledují a měří pohyby oka. Existuje mnoho druhů neinvazivních eye-trackerů, některé z nich mohou být implementovány do brýlí nebo připevněné na hlavě, jiné jsou umístěny před respondentem připojeny na monitoru počítače. Většinou se eye-trackery skládají ze dvou částí - zdroje světla a kamery. Světelný zdroj, většinou infračervený, směřuje z přístroje k oku a kamera, popřípadě jiný optický senzor, sleduje odraz tohoto světla. Senzor zaznamenává a měří viditelné části oka - zornici, duhovku a bělmo. Výpočet pohybu očí se provádí pomocí analýzy změny odrazu světla od rohovky.



Obr. 4 Eye-tracking technologie – eye-tracker u monitoru počítače

(zdroj: <http://aileenreese1.wordpress.com>)

- A. Eye-tracker vysílající zdroj světla (většinou infračerveného) a zaznamenávající odraz tohoto světla pomocí optického senzoru
- B. Monitor počítače zobrazující stimul

Samotný pohyb očí nemá plynulý hladký průběh. Mezi těmito velice rychlými pohyby jsou prodlevy, kterým se říká **fixace**. Interpretace pojmu fixace se napříč literaturou takřka neliší, např. POPELKA, BRYCHTOVÁ, VOŽENÍLEK (2012) uvádějí, že během těchto fixací jsou oči upřeny na určité místo neboli oblast zájmu (z angl. area of interest – AOI). Duchowski (2007) je popisuje jako pohyby očí, které stabilizují sítnici nad určitou konkrétní oblastí zájmu a např. Bojko (2013) je vysvětluje jako momenty, když jsou oči relativně nehybné a soustředí se na danou oblast zájmu.

Mezi fixacemi dochází k pohybům očí z jedné oblasti zájmu na druhou, které jsou velmi rychlé a velmi krátké – v průměru 3x až 4x za sekundu, a které mají za účel co nepřesnější dojem z vnímaného obrazu. Tyto pohyby se označují jako **sakády**, což jsou fixace kratší než 250 ms, a jejichž typickými znaky jsou odlišná délka, směr a orientace (POPELKA a kol., 2012).

Velmi cennou metodou znázorňování fixací a sakád je **GazePlot**, který zobrazuje fixace jako kružnice s odlišným průměrem a sakády jako linie spojující tyto kružnice nad studovaným obrazem, textem, modelem, webovou stránkou, atd.. Velikost kružnic je proporcionální k době trvání fixace, to znamená, že kružnice o větším průměru reprezentují delší dobu fixace. GazePloty zobrazují kvalitativní analýzy, které se zaměřují na to, jakým způsobem zkoumaný subjekt pozoroval zobrazený vjem – stimul a

ukazuje použitelnost vjemu, jeho chyby, nedostatky nebo naopak klady a přednosti (BOJKO, 2013).



Obr. 5 GazePlot -Fixace reprezentované kružnicemi
Sakády reprezentované liniemi spojujícími jednotlivé fixace
(zdroj: [http:// www.usecon.com/](http://www.usecon.com/))

Metoda **GazeReplay** zobrazuje informace o sakádách a fixacích dynamicky, tzn. v čase jako videozáznam respondentova pohybu očí nad sledovaným obrazem. Je to tedy dynamická vizualizace individuálního pohybu očí reprezentovaná pohybující se tečkou, bodem nebo jiným objektem. Podle Popelky a kol. (2012) je analýza GazeReplay velice složitá a je vhodné tento přístup zkombinovat např. s metodou přemýšlení nahlas, což umožní spojit konkrétní činnost uživatele s pohyby očí.

Metoda **HeatMap** je to dvourozměrná reprezentace dat, ve které jsou hodnoty eye-trackingového měření (např. počet fixací) zobrazeny jako barvy. Jsou velice intuitivní, protože jednotlivé barvy reprezentují teplotu a tím i hodnotu, např. žlutá je teplejší než modrá nebo zelená, oranžová je teplejší než žlutá a červená je nejteplejší (BOJKO, 2013).



Obr. 6 příklad HeatMap (zdroj: <http://www.huffingtonpost.com>)

Variantou Heat map je i metoda **Focus map** vytvořená na stejném principu jako HeatMapa jen s tím rozdílem, že nejsou použity barvy, ale průhlednost „opacity“ (odtud také „gaze opacity maps“). Je použita tmavá maska přes sledovaný obraz a místa, kterým se respondent věnoval, jsou prosvětlena nebo zprůhledněna.



Obr. 7 příklad Focus map (zdroj: [http:// www.searchenginewatch.com](http://www.searchenginewatch.com))

Po vytvoření stimulů a ujasnění počtu a zaměření respondentů nastává na první pohled jednoduchá otázka - vybrat jakou metodou budou stimuly zobrazovány, kteří respondenti uvidí které stimuly, jestli uvidí všechny stimuly nebo jen část.

Existují dvě metody, jak testovat respondenty. Metoda **Within-subject** a **Between-subject**. Prvně zmíněná je metoda, při které je každý respondent vystaven všem testovaným stimulům, čímž dochází k určité zapamatovatelnosti, která bývá označována jako „carryover effects“. Respondenti mohou jednotlivé stimuly porovnávat mezi sebou a tím vzniká kvalitativní zpětná vazba. Do jisté míry ji lze předejít střídáním pozic stimulů např. při testování dvou druhů stimulů. Je to výhodné především na počet respondentů, kdy není potřeba tak velké množství jako u metody Between-subjects. Naproti tomu metoda Between-subjects je založena na principu, kdy při testování dvou nebo více druhů stimulů jsou respondenti rozděleni do skupin a každá skupina je vystavena pouze jednomu druhu stimulu. Tím je vyloučen „carryover effect“. Je ovšem náročnější na větší počet respondentů z důvodu potřebné kvality testování. Testování jedinci tedy nemohou porovnávat jednotlivé druhy stimulů mezi sebou. Je také výhodnější na časové zatížení při testování jednoho subjektu v porovnání s metodou Within-subjects. Ovšem tento čas je relativní, protože je nutné testovat jinou skupinu na jiný druh stimulu a tím stoupá počet respondentů oproti prvně zmíněné metodě (BOJKO, 2013).

Proto je velice důležité vhodně zvolit metodu testování, počet respondentů, počet stimulů, výběr vhodných úkolů nebo otázek, rozdělení do skupin a jiné. Testování nesmí zabírat příliš mnoho času, aby se udržela respondentova pozornost, otázky nesmí být příliš obtížné a naopak příliš jednoduché. To vše a mnoho dalšího je třeba zvážit při vytváření eye-trackingových testů.

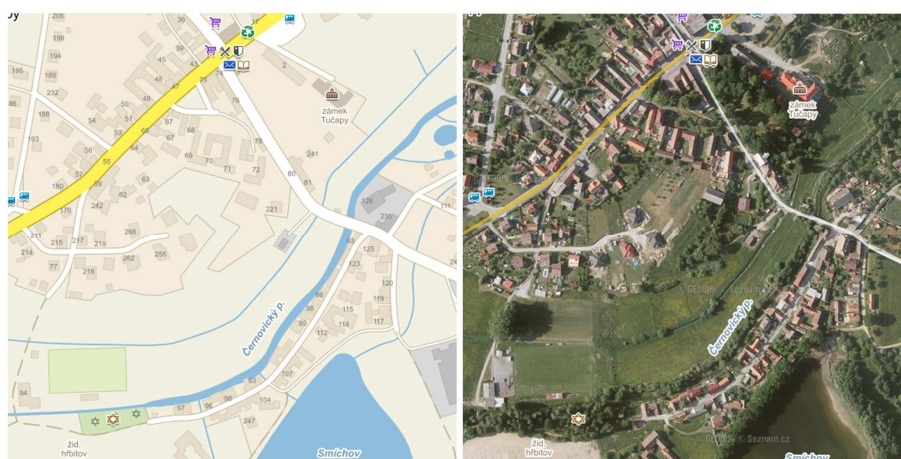
4. SESTAVENÍ EXPERIMENTU

Odlišnosti čtení ortofotomap a konvenčních map byly zjišťovány pomocí eye-trackingového testování zaměřeného na zkoumání rozdílů ve čtení při řešení běžných úkolů, které uživatele provází téměř každý den. Tuto činnost lidé provádějí díky rozšiřujícím se webovým aplikacím stále častěji (např. vyhledávání zajímavých turistických míst, vyhledávání trasy, dojíždění za prací, rekreaci a spoustu dalšího) bez většího přemýšlení.

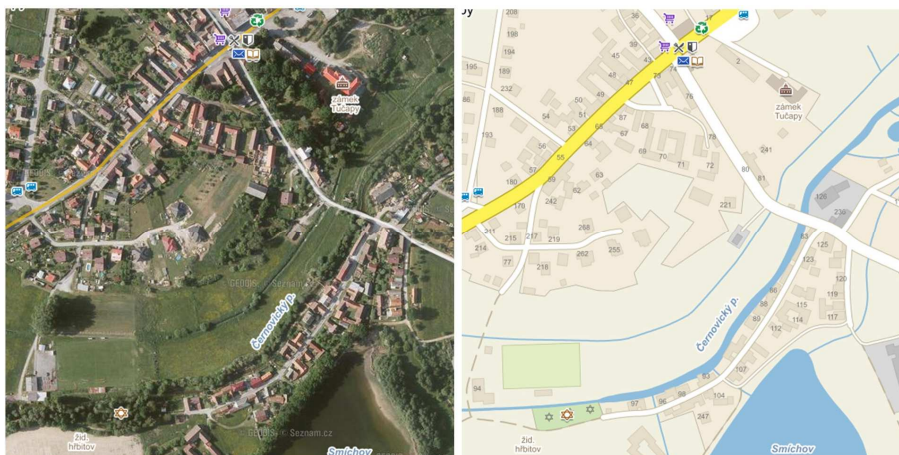
Lidé si podle vlastního pocitu, zkušeností a preferencí vybírají k tomuto vyhledávání určité druhy map, které se jim zdají pro zjištění potřebné informace nejvhodnější. Tento výběr nebo preferování určitého druhu mapy probíhá většinou automaticky a uživatel si tento proces možná ani neuvědomuje.

4.1 Příprava experimentu

Celý experiment byl zaměřen na běžné uživatele a jejich čtení v mapách a podle toho také vypadal výběr vhodných dat k testování. V dnešní době lidé vše potřebné vyhledávají na internetu a mapové informace nejsou výjimkou. Mapové výřezy (stimuly), nad kterými respondenti řešili zadané úkoly, byly vytvořeny z mapové aplikace Mapy.cz od společnosti Seznam.cz, a.s. Každý stimul se skládal ze dvou částí – výřezu ortofotomapy a konvenční mapy. Obě části musely zobrazovat stejné území ve stejném měřítku, stejném rozlišení a formátu, aby ani jedna část nebyla zvýhodněna. K dalšímu zabránění případného zvýhodnění bylo zabráněno také pomocí vytvoření ekvivalentu vzniklého stimulu, který zobrazoval výřezy map s opačnou stranovou lokalizací. To znamená, že každý stimul obsahoval na levé straně výřez konvenční mapy a na straně pravé výřez ortofotomapy a ekvivalent k tomuto stimulu obsahoval výřez ortofotomapy na levé straně a výřez konvenční mapy na straně pravé. Tento postup zabránil tomu, že by na každém stimulu byla ortofotomapa stále na jedné určené straně.



Obr. 8 příklad vytvořeného stimulu



Obr. 9 příklad vytvořeného ekvivalentu stimulu

Eye-trackingový experiment by měl být postaven tak, aby nezabíral příliš mnoho času, nesmí obsahovat příliš velké množství stimulů. Při velkém časové náročnosti testu a při neadekvátnímu množství stimulů dochází ke snížení koncentrace testovaných jedinců a tím i ke kvalitě získaných dat z testování. Proto byl test vytvořen tak, aby se respondenti dokázali po celou dobu testu adekvátně soustředit a nebyli vystaveni velkému počtu stimulů. Bylo vytvořeno 20 stimulů se stejným počtem ekvivalentních stimulů.

Experiment byl rozdělen na 3 dílčí experimenty – POSITION, VEGET, TRANS. Oddíl „POSITION“ byl zaměřen na určování polohy jednotlivých objektů a jevů na mapě, „VEGET“ na rozlišování vegetace a „TRANS“ na vyhledávání dopravních spojení a úkoly spojené s dopravou. Každý oddíl obsahoval výzkumnou otázku, nulovou hypotézu, otázky a úkoly k jednotlivým stimulům a sledovanou eye-trackingovou metriku (viz. Obr. 2)

Design Experimentu

EXP 1	Výzkumná otázka	Nulová hypotéza	Otázky	ET metrika
Position	Poskytuje OFM vhodnější prostředí pro určování polohy objektů než tradiční konvenční mapy?	Uživatelé určují polohu objektů na OFM a konvenčních mapách stejně přesně.	Otázky 1-7	Správnost odpovědí Odpověď na OFM x konvenční mapě Počet fixací Čas na jednotlivých mapách
Veget	Poskytuje OFM vhodnější prostředí pro rozeznávání vegetace než tradiční konvenční mapy?	Uživatelé rozeznávají vegetaci na OFM a konvenčních mapách stejně přesně.	Otázky 1-7	
Trans	Poskytuje OFM vhodnější prostředí pro vyhledávání dopravních spojení než tradiční konvenční mapy?	Uživatelé vyhledávají dopravní spojení na OFM a konvenčních mapách stejně přesně.	Otázky 1-7	

Obr. 10 Designové provedení experimentu

4.2 Testování

Testování se zúčastnilo se 40 respondentů – studenti vysokých škol s výjimkou studentů katedry geoinformatiky, protože testování bylo zaměřeno na zkoumání hlavně běžných uživatelů. Každý respondent řešil 20 úkolů na dvaceti stimulech (mapových dvojicích) a každý úkol měl časový limit 45 sekund. Při testování byla použita metoda Within-subject design, která spočívá v tom, že každý respondent je vystaven celému testování v celku. Naproti tomu metoda Between-subject design rozděluje respondenty na dvě nebo více skupin, a každá skupina je testována jen na určité části testu. Zvolena byla tedy nakonec metoda Within-subject, a to zejména z toho důvodu, že druhá zmíněná metoda potřebuje vyšší počet respondentů a celková doba testování by se výrazně zvýšila. Aby respondenti nedostávali stimuly vždy s ortofotomapou na levé nebo na pravé straně, byla zvolena funkce „random“, která náhodně nastavila jak pořadí stimulů, tak i stimuly a jejich ekvivalenty.

Následné vyhodnocení proběhlo v programu SMI BeGaze a Ogama sloužící pro vizualizaci vzniklých dat, dále také v programu R-Studio pro statistické a vizuální zpracování. Pro potřebné tabulkové úpravy byl použit program MS Excel.

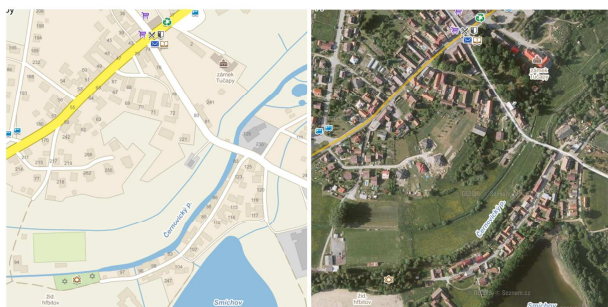
4.3 Position

Skupina POSITION se zaměřila na určení polohy určitých objektů a jevů na mapě se snahou zjistit, jestli existují rozdíly při určování polohy mezi jednotlivými mapami. Sledovány byly ET metriky – Dwell Time (čas strávený na jednotlivých mapách), Fixation Count (počet fixací na jednotlivých mapách), Správnost odpovědi a počet odpovědi na jednotlivých mapách.

Počet stimulů:	7
Počet otázek:	7
Výzkumná otázka:	„Poskytuje OFM vhodnější prostředí pro určování polohy objektů než tradiční konvenční mapy?“
Nulová hypotéza:	„Uživatelé určují polohu objektů na OFM a konvenčních mapách stejně přesně.“
Metrika:	Dwell Time, Fixation Count, Správnost odpovědi

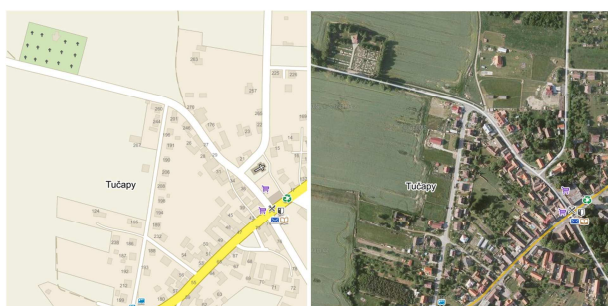
Jednotlivé stimuly – Position

Otázky:



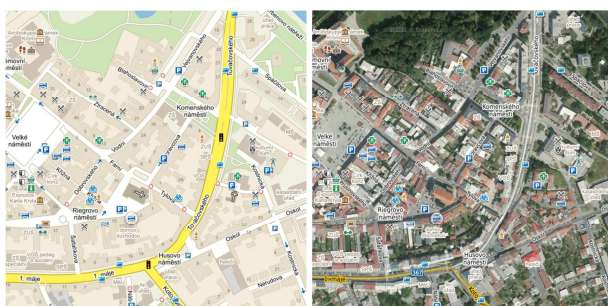
Obr. 11 stimul P1

Označte na mapě židovský hřbitov.



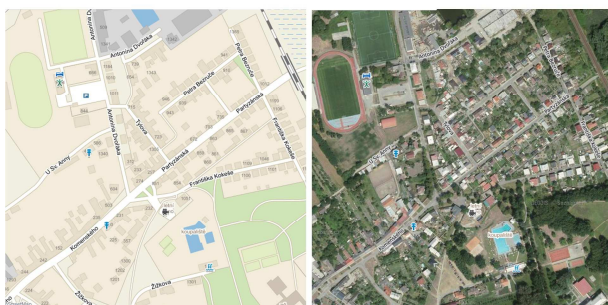
Obr. 12 stimul P2

Nachází se hřbitov uvnitř obce?



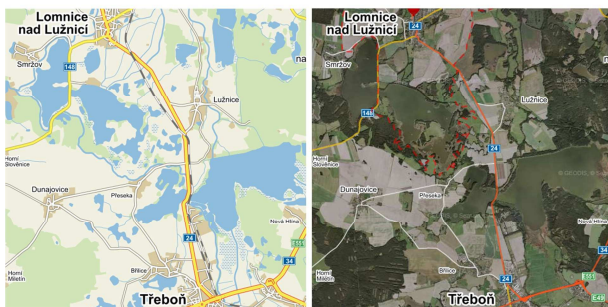
Obr. 13 stimul P3

Označte na mapě kulturní dům.



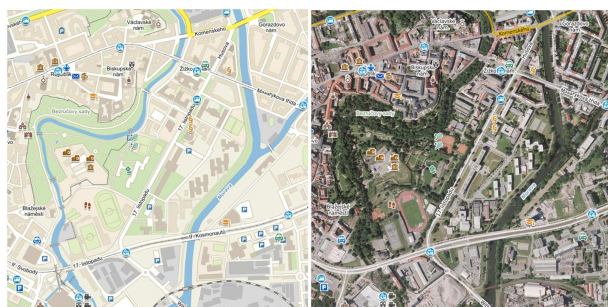
Obr. 14 stimul P4

Označte na mapě koupaliště.



Označte na mapě největší vodní plochu.

Obr. 15 stimul P5



Označte na mapě Katedru geoinformatiky, kde se právě nacházíte.

Obr. 16 stimul P6



Označte na mapě bowlingovou hernu.

Obr. 17 stimul P7

4.4 Veget

Skupina VEGET se zaměřila na rozlišování vegetace na mapě se snahou zjistit, jestli existují rozdíly při rozlišování vegetace mezi jednotlivými mapami. Sledovány byly ET metriky – Dwell Time (čas strávený na jednotlivých mapách), Fixation Count (počet fixací na jednotlivých mapách), Správnost odpovědi a počet odpovědi na jednotlivých mapách.

Počet stimulů: 6

Počet otázek: 6

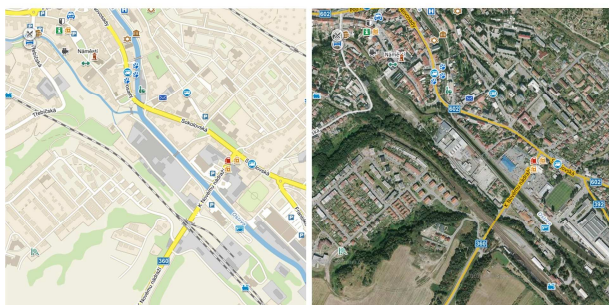
Výzkumná otázka: „Poskytuje OFM vhodnější prostředí pro rozeznávání vegetace než tradiční konvenční mapy?“

Nulová hypotéza: „Uživatelé rozeznávají vegetaci na OFM a konvenčních mapách stejně přesně.“

Metrika: Dwell time, Fixation Count, Správnost odpovědi

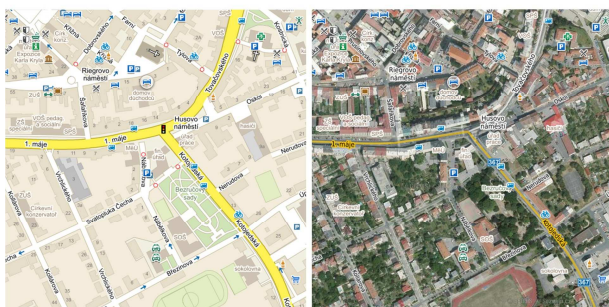
Jednotlivé stimuly – Veget

Otázky:



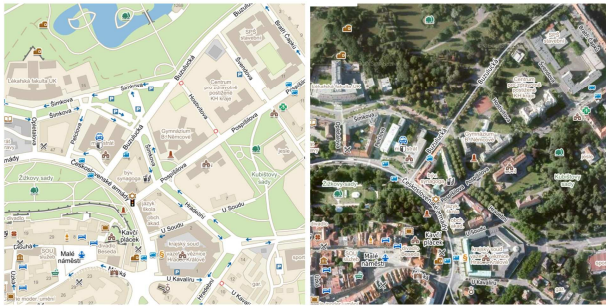
Označte na mapě fotbalové hřiště.

Obr. 18 stimul V1



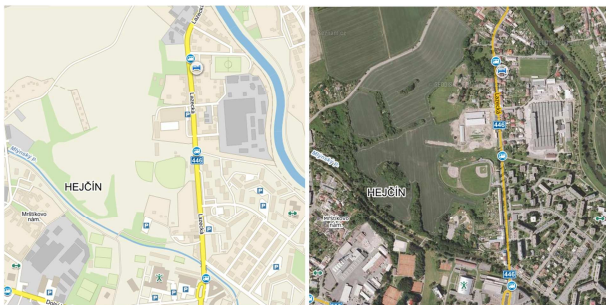
Označte na mapě Bezručovy sady.

Obr. 19 stimul V2



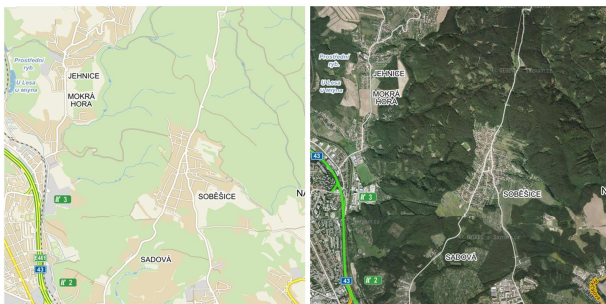
Pojmenujte sady na východ od jazykové školy.

Obr. 20 stimul V3



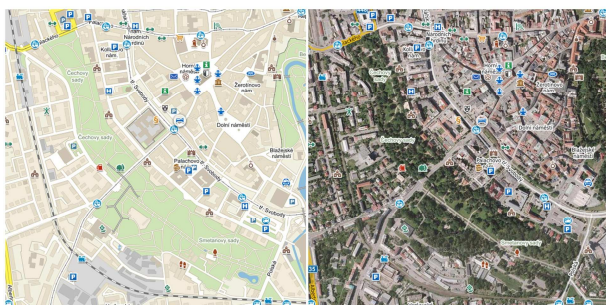
Označte na mapě baseballové hřiště.

Obr. 21 stimul V4



Je na mapě více vegetace nebo zastavěné plochy?

Obr. 22 stimul V5



Označte na mapě největší sady.

Obr. 23 stimul V6

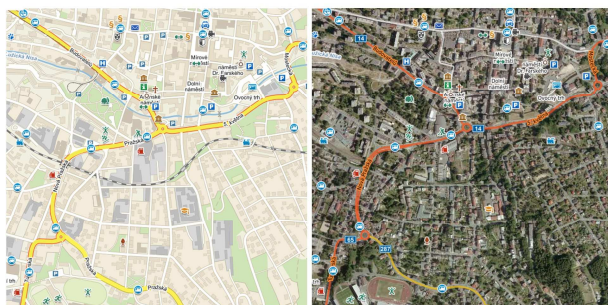
4.5 Trans

Skupina TRANS se zaměřila na vyhledávání dopravních spojení na mapě se snahou zjistit, jestli existují rozdíly při vyhledávání dopravních spojení mezi jednotlivými mapami. Sledovány byly ET metriky – Dwell Time (čas strávený na jednotlivých mapách), Fixation Count (počet fixací na jednotlivých mapách), Správnost odpovědi a počet odpovědí na jednotlivých mapách.

Počet stimulů:	7
Počet otázek:	7
Výzkumná otázka:	„Poskytuje OFM vhodnější prostředí pro vyhledávání dopravních spojení než tradiční konvenční mapa?“
Nulová hypotéza:	„Uživatelé vyhledávají dopravní spojení na OFM a konvenčních mapách stejně přesně.“
Metrika:	Dwell time, Fixation Count, Správnost odpovědi

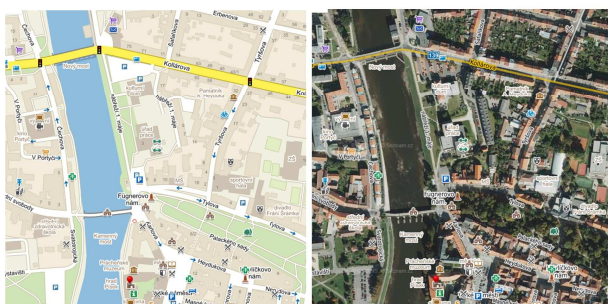
Jednotlivé stimuly – Trans

Otázky:



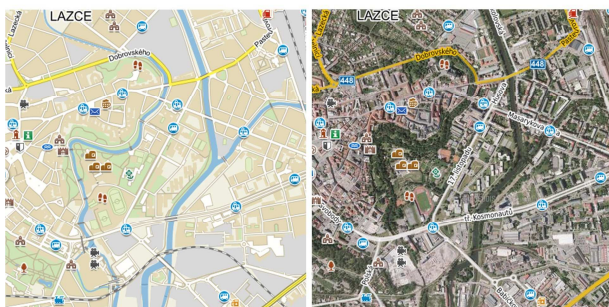
Označte na mapě všechny kruhové objezdy.

Obr. 24 stimul T1



Vyznačte na mapě pomocí kliků nejkratší cestu z kina Portyč k divadlu Fráni Šrámka.

Obr. 25 stimul T2



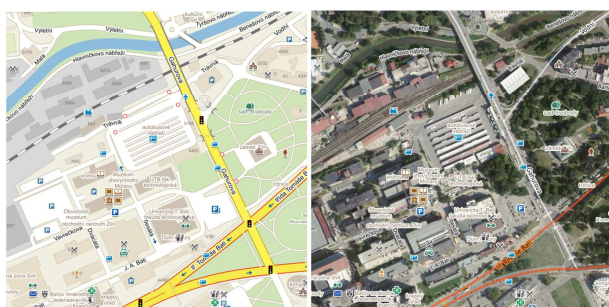
Označte na mapě všechny autobusové zastávky.

Obr. 26 stimul T3



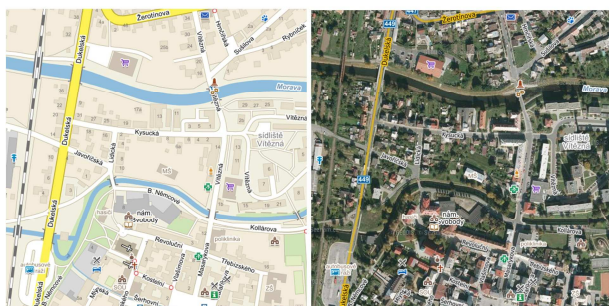
Kolik vedlejších cest se připojuje na ulici Šumperskou?

Obr. 27 stimul T4



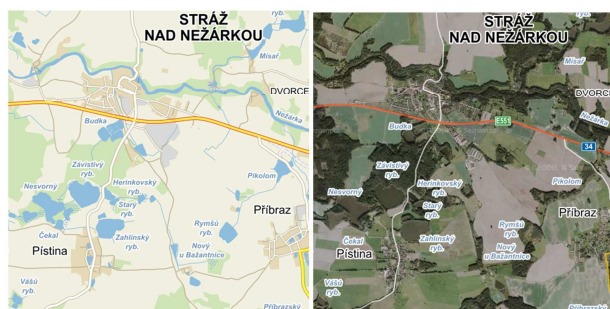
Nachází se zámek Zlín západně od autobusového nádraží?

Obr. 28 stimul T5



Označte na mapě všechny mosty.

Obr. 29 stimul T6



Označte na mapě všechny rybníky lemující cestu z Pistiny do Stráže nad Nežárkou.

Obr. 30 stimul T7

5. VYHODNOCENÍ TESTŮ

Bakalářská práce má tři hlavní části výsledků. První část byla zaměřena na celkovou analýzu výsledků všech respondentů na všech stimulech dohromady bez rozdělení do oddílů Position, Veget a Trans, kde byly sledovány ET metriky - Fixation Count, Dwell Time, Správnost odpovědí a Počet odpovědí provedených na ortofotomapách a na konvenčních mapách.

Druhá část byla zaměřena na vyhodnocení oddílu „POSITION“, kde byly zjišťovány shodné ET metriky jako u celkové analýzy. Stejný postup byl aplikován i u oddílů „VEGET“ a „TRANS“.

5.1 Celková analýza

Výsledky byly analyzovány z tabulky exportované z programu SMI BeGaze, která obsahovala statistiku vytvořených oblastí zájmu. Následnou úpravou v programu Microsoft Excel vznikly dvě tabulky pro celkovou analýzu (viz. Tab. 1 a Tab. 2), ze kterých vzniklo vizuální vyhodnocení jednotlivých ET metrik.

Tab. 1 hodnoty sledovaných metrik na ortofotomapách a konvenčních mapách.

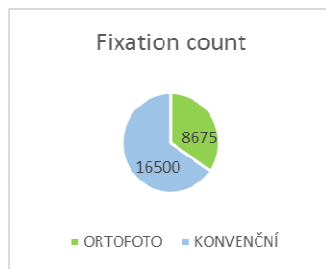
	fixation count	fixation count average	dwell time (s)	dwell time average(s)	time to first click (s)	time to first click average (s)
ORTOFOTO	8675	11,6	1527,1	2,5	761,2	4,9
KONVENČNÍ	16500	20,6	2449,2	5,2	1842,9	5,4

Tab. 2 hodnoty sledovaných metrik na ortofotomapách a konvenčních mapách.

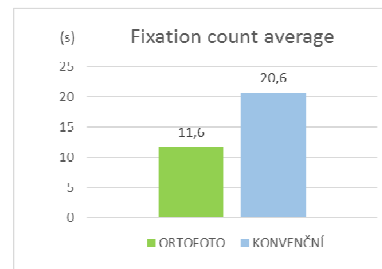
	počet odpovědí	správné odpovědi	odpověď na levém stimulu	odpověď na pravém stimulu
ORTOFOTO	203	197	115	82
KONVENČNÍ	423	389	226	163
celkem	820	697	341	245

5.1.1 Fixation Count

Fixation Count neboli počet fixací ukazuje prodlevy mezi pohyby očí neboli sakádami, to znamená počet prodlev, kdy se oči zastavily na určitém místě.

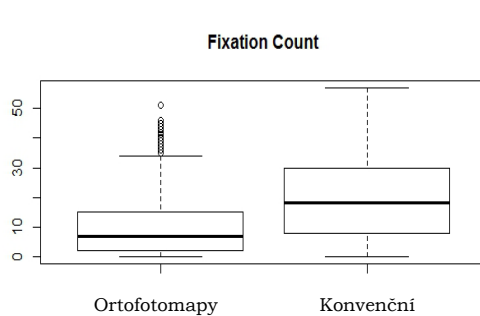


Graf 1 počet fixací.

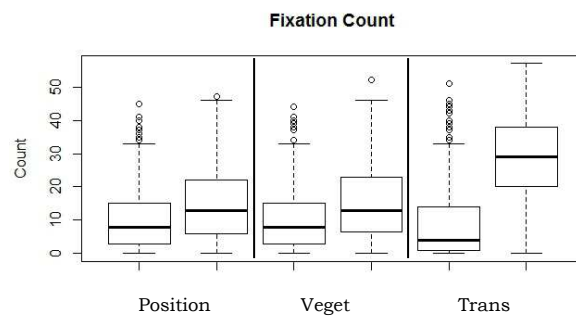


Graf 2 průměrný počet fixací.

Počet fixací v Grafu 1 znázorňuje skoro dvojnásobné hodnoty počtu fixací na konvenčních mapách ve srovnání s ortofotomapami a průměrný počet fixací na jednom stimulu v Grafu 2 ukazuje opět převahu konvenčních map. Z toho vyplývá, že na konvenčních mapách byly fixace nesrovnatelně četnější než na ortofotomapách.



Boxplot 1 Počet fixací.



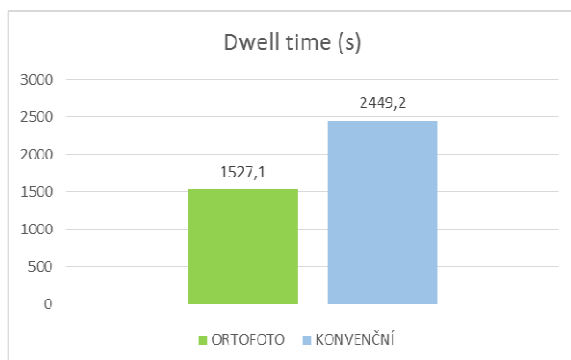
Boxplot 2 Počet fixací jednotlivých skupin.

Boxplot 1 zobrazuje výše znázorněné výsledky v odlišné formě. Ukazuje rozsah fixací a medián, který rozděluje všechny hodnoty na dvě poloviny. Boxplot 2 znázorňuje počet fixací v jednotlivých skupinách (vlevo ortofotomapa, vpravo konvenční), kde jsou vidět ve všech případech vyšší hodnoty počtu fixací u konvenčních map. Největší rozdíl je vidět u skupiny TRANS, zbylé dvě skupiny jsou na tom podobně.

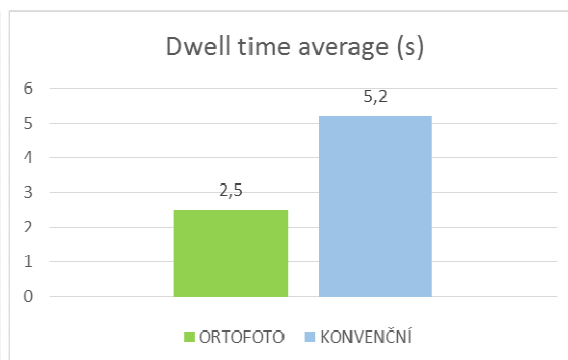
P-value < 2.2e-16 – je menší než 0,05, jde o statisticky významný rozdíl.

5.1.2 Dwell time

ET metrika Dwell Time znázorňuje celkový čas strávený na jednotlivých mapách všech stimulů v rámci všech respondentů, to znamená, jak dlouhou dobu strávili při vyhledávání na ortofotomapách a jak dlouho na konvenčních mapách.

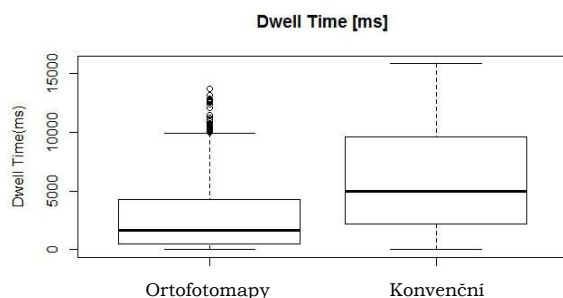


Graf 3 Dwell Time.

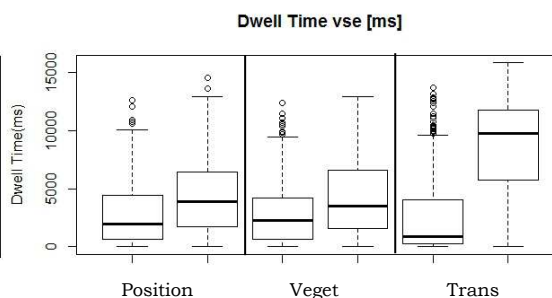


Graf 4 Dwell time – průměrný.

Analýza celkového času stráveného na jednotlivých mapách ukazuje, že konvenční mapy byly cílem vyhledávání častěji než ortofotomapy (Graf 3) a průměrný čas strávený na mapách je přibližně dvojnásobně vyšší u konvenčních map.



Boxplot 3 Dwell time.



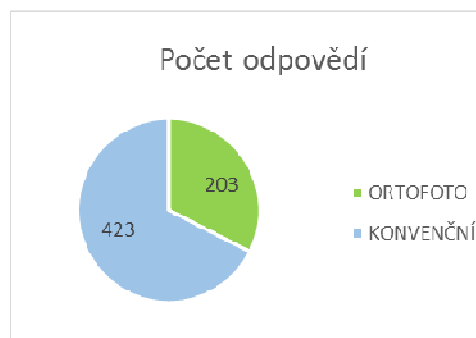
Boxplot 4 Dwell time jednotlivých skupin.

U času stráveného na jednotlivých mapách lze z Boxplotu 3 vyčíst, že hodnota mediánu je u konvenčních map vyšší než nejdelší časy strávené na ortofotomapách, to znamená, že na konvenčních mapách trávili respondenti podstatně více času. Boxplot 4 ukazuje Dwell time jednotlivých skupin, kde je největší rozdíl u skupiny TRANS, kde jsou hodnoty u konvenčních map jednoznačně vyšší. Hodnoty skupin POSITION a VEGET jsou na stejné úrovni s vyššími hodnotami u konvenčních map.
 $p\text{-value} < 2.2e-16$ – $p\text{-value}$ je menší než 0,05, jde o statisticky významný rozdíl

5.1.3 Počet odpovědí

Další ET metrika, která pomáhá identifikovat odlišnosti ve čtení ortofotomap a konvenčních map je počet odpovědí. Jde o statistiku, která ukazuje, kolik bylo provedeno odpovědí na ortofotomapách a kolik na konvenčních mapách všech respondentů celkově pro všechny skupiny dohromady. Do celkového počtu odpovědí se nepočítají otázky nezodpovězené a odpovědi, u kterých nelze identifikovat, na které

mapě byla odpověď provedena. To jsou většinou odpovědi, na které se odpovídalo formulářem a nikoliv kliknutím.

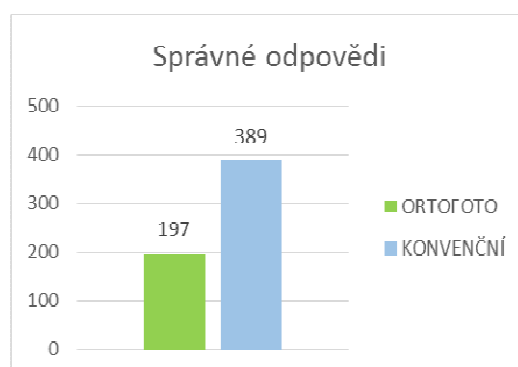


Graf 5 počet odpovědí na jednotlivých mapách.

Výšečový Graf 5 ukazuje poměr odpovědí na jednotlivých mapách. Počet odpovědí na konvenčních mapách je více než dvojnásobně vyšší než počet odpovědí provedených na ortofotomapách. Respondenti tedy dávali přednost konvenčním mapám.

5.1.4 Správnost odpovědí

Poslední sledovanou ET metrikou je správnost odpovědí, která ukazuje všechny správné odpovědi na jednotlivých mapách z celkového počtu odpovědí na jednotlivých mapách. Jejich rozdíl udává počet špatných odpovědí. Tento rozdíl je relativní, protože mezi špatnými odpověďmi mohou být odpovědi, u kterých nebylo jasné, na které mapě byla odpověď provedena, a tudíž byla započítána jako špatná.



Graf 6 Počet správných odpovědí.

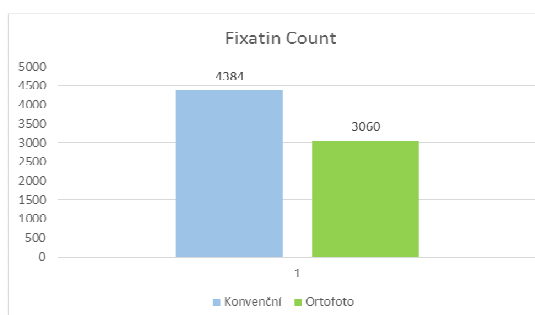
Graf 6 ukazuje vyšší počet správných odpovědí u konvenčních map. Z celkového počtu 423 odpovědí jich bylo 389 správných. U ortofotomap z celkového počtu 203 bylo 197 správných. Úspěšnost odpovědí u konvenčních map je 91,9 % a u ortofotomap je to 97 %.

5.2 Position

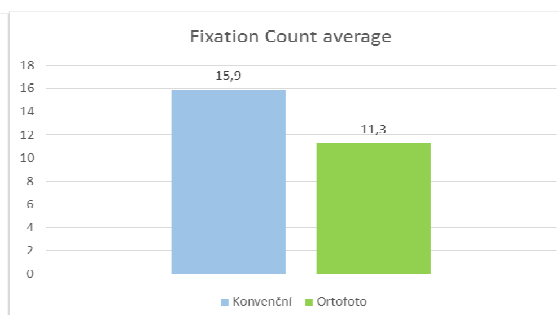
Skupina POSITION obsahuje stimuly a k nim přiřazené otázky, díky kterým byly zjišťovány odlišnosti čtení jednotlivých map na základě určování polohy objektů a jevů na jednotlivých mapách.

5.2.1 Fixation Count

Fixation Count uvádí počet fixací u stimulů zaměřujících se na určování polohy objektů a jevů na ortofotomapách a konvenčních mapách. Fixation Count average znázorňuje průměrný počet fixací na jednom stimulu u jednotlivých map.

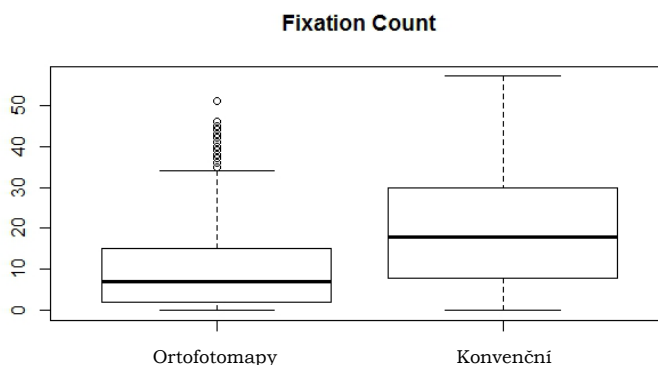


Graf 7 Počet fixací – Position.



Graf 8 Průměrný počet fixací – Position.

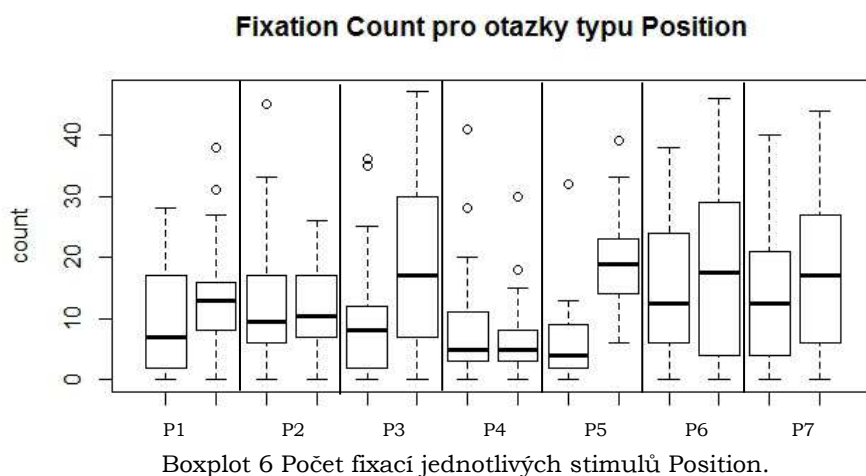
Graf 1 znázorňuje počet fixací na jednotlivých mapách. Konvenční mapy mají vyšší počet fixací než ortofotomapy a zároveň je na konvenčních mapách vyšší i průměrný počet fixací (Graf 2).



Boxplot 5 počet fixací – Position.

Boxplot 5 ukazuje, že medián počtu fixací u konvenčních map je vyšší než horní hranice rozsahu odpovědi u ortofotomap.

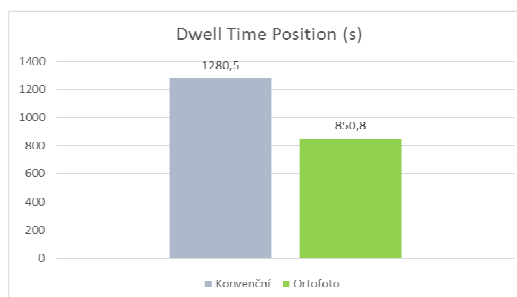
P-value = 4.024e-08 – je menší než 0,05, jde o statisticky významný rozdíl.



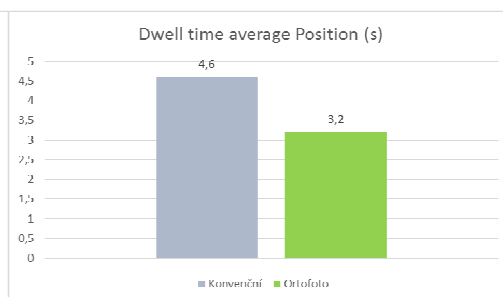
Boxplot 6 znázorňuje pohromadě všechny stimuly skupiny Position a jejich počet fixací na jednotlivých mapách, kdy na levé straně je vždy ortofotomapa a na pravé straně mapa konvenční. U stimulů P1, P3, P5, P6 a P7 konvenční mapy vykazují vyšší počet fixací u konvenčních map. U stimulů P2 a P4 je rozdíl mezi jednotlivými mapami nepatrný.

5.2.2 Dwell time

Dwell time udává čas strávený na jednotlivých mapách u stimulů skupiny Position, která se zaměřuje na určování polohy objektů a jevů na mapě.

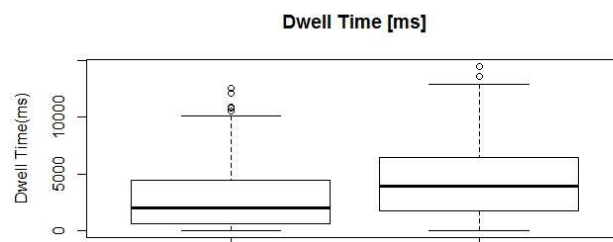


Graf 9 Dwell time Position.



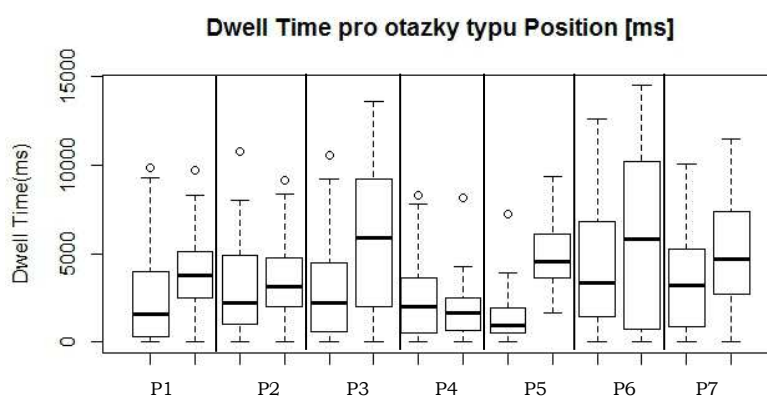
Graf 10 Dwell time průměrný.

Graf 9 ukazuje vyšší čas strávený na konvenčních mapách v porovnání s ortofotomapami. Také průměrný čas strávený na mapách je delší u konvenčních map.



Boxplot 7 Dwell time – Position.

Boxplot 7 znovu znázorňuje delší dobu strávenou na konvenčních mapách u stimulů typu Position než je tomu o orotofotomapa. P-value = $5.712e-09$. P-value je menší než 0,05, jedná se o statisticky významný rozdíl.

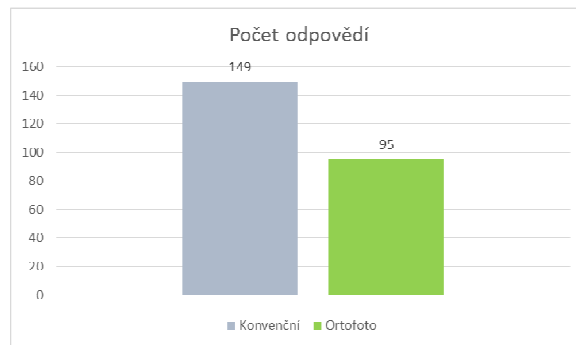


Boxplot 8 Dwell time pro jednotlivé stimuly typu Position.

Ve všech případech kromě stimulu P4 jsou hodnoty Dwell time vždy vyšší u konvenčních map. U stimulu P4 je čas strávený na orotofotomapě nepatrně vyšší než na mapě konvenční.

5.2.3 Počet odpovědí

Počet odpovědí udává, kolik odpovědí bylo provedeno na orotofotomapách a kolik na konvenčních mapách na stimulech typu POSITION.

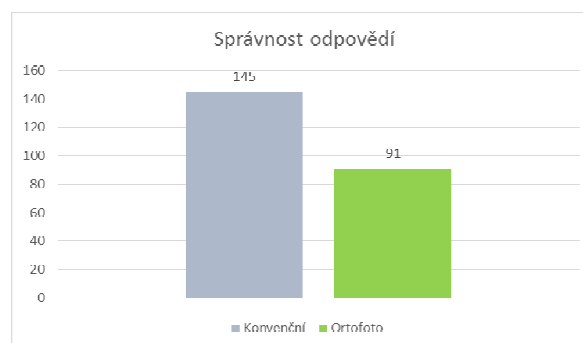


Graf 11 Počet odpovědí – Position.

Počet odpovědí ve skupině typu POSITION byl výrazněji u konvenčních map, to znamená, že uživatelé převážně volili pro odpověď při vyhledávání polohy objektů konvenční mapu.

5.2.4 Správnost odpovědí

Z počtu odpovědí byly vybrány odpovědi, na které respondenti odpověděli správně na ortofotomapách i na konvenčních mapách, a tím vznikne ET metrika „Správnost odpovědí“.



Graf 12 Správné odpovědi na jednotlivých mapách.

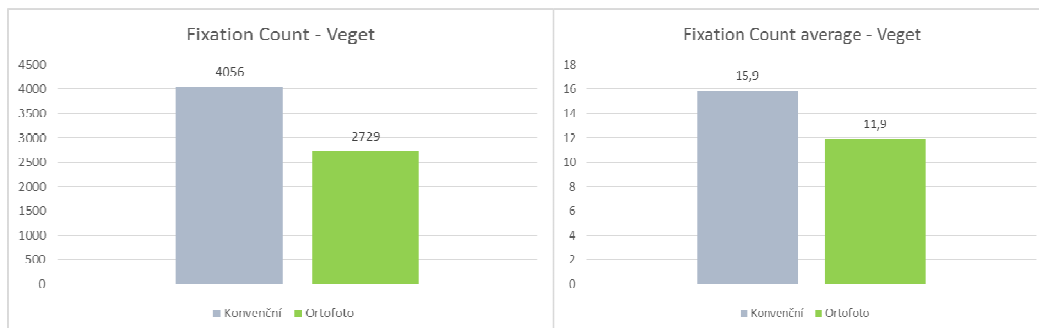
U konvenčních map je správnost odpovědí ve skupině typu POSITION 97,3 % a u ortofotomap 95,8 %. U každé mapy klesl počet o 5 špatných odpovědí, díky vyššímu počtu odpovědí na konvenčních mapách je vyšší i správnost odpovědí.

5.3 Veget

Skupina VEGET obsahuje stimuly a k nim přiřazené otázky, díky kterým byly zjišťovány odlišnosti čtení jednotlivých map na základě rozlišování vegetace na jednotlivých mapách. Sledovány byly ET metriky Fixation Count, Dwell Time, Počet odpovědí a Správnost odpovědí na ortofotomapách a konvenčních mapách.

5.3.1 Fixation Count

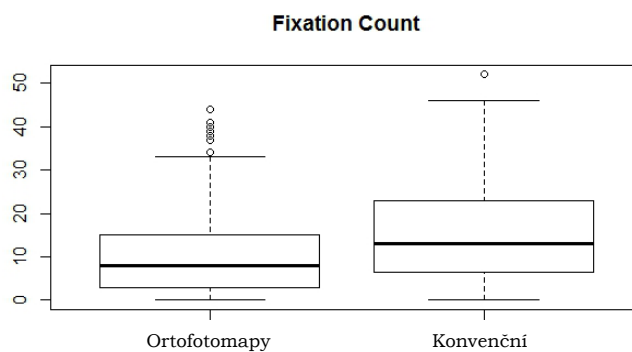
Fixation Count udává počet fixací na jednotlivých mapách, to znamená, na které mapě respondenti víckrát zastavili pohyb očí za účelem vyhledávání.



Graf 13 Počet fixací – Veget.

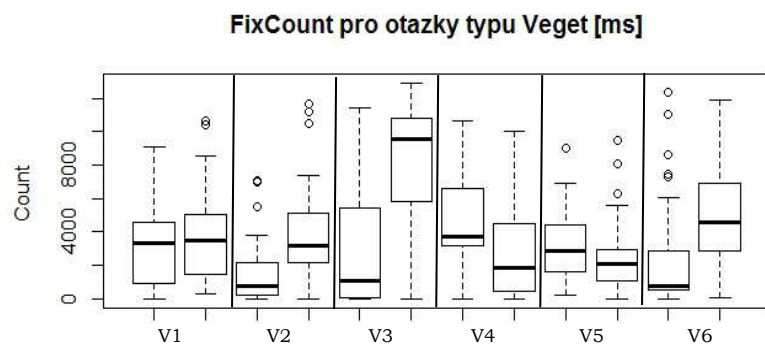
Graf 14 Průměrný počet fixací.

Graf 13 ukazuje opět vyšší počet fixací u konvenčních map a průměrný počet fixací na jednom stimulu je u konvenčních map taktéž vyšší než u ortofotomap. Respondenti tedy více vyhledávali na konvenčních mapách.



Boxplot 9 Počet fixací – Veget.

Boxplot 9 znázorňující počet fixací na jednotlivých mapách s vyššími hodnotami u konvenčních map. P-value = 2.303e-07. P-value je menší než 0,05, jedná se tedy o statisticky významný rozdíl.

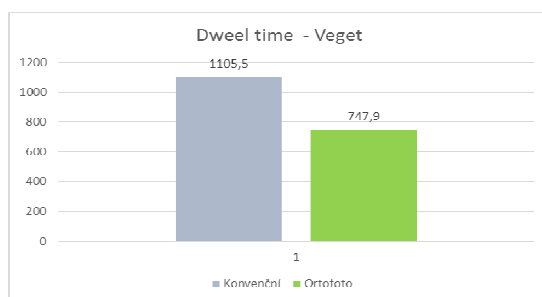


Boxplot 10 Počet fixací pro všechny otázky _ Veget.

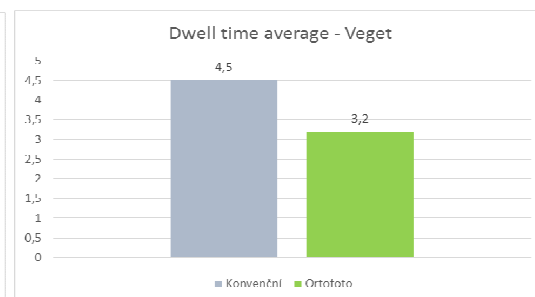
Boxplot 10 znázorňuje počet fixací všech stimulů skupiny typu Veget. Vždy na levé straně je uvedena ortofotomapa a na pravé konvenční mapa. Stimul V5 ukazuje nepatrně vyšší počet fixací než konvenční mapa, u ostatních stimulů převažuje počet fixací konvenčních map. Největší rozdíl lze vidět u stimulu V3, u kterého respondenti volili pro vyhledávání v drtivé většině právě konvenční mapu.

5.3.2 Dwell Time

Dwell time udává čas strávený na jednotlivých mapách u stimulů skupiny Veget, která se zaměřuje na rozeznávání vegetace na Ortofotomapách a konvenčních mapách.

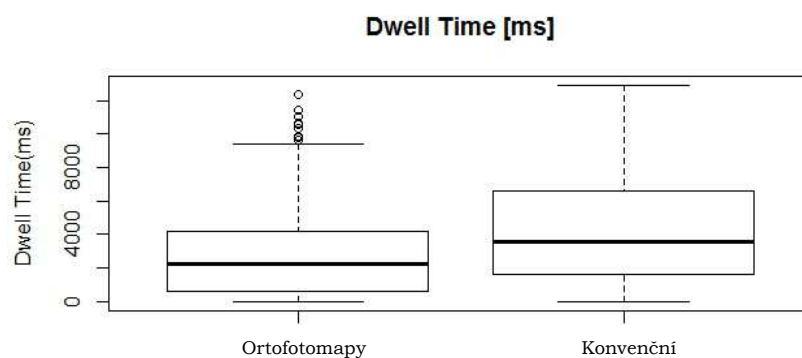


Graf 15 Dwell time – Veget.

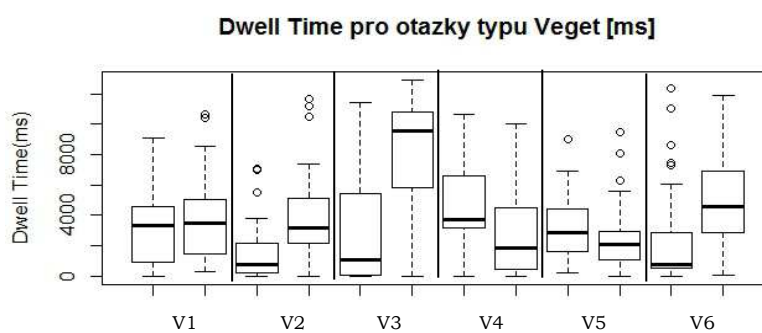


Graf 16 Dwell time average – Veget.

Doba strávená na jednotlivých mapách při rozeznávání vegetace je opět delší na konvenčních mapách a i průměr je na těchto mapách vyšší.



Boxplot 11 Dwell time pro skupinu Veget.

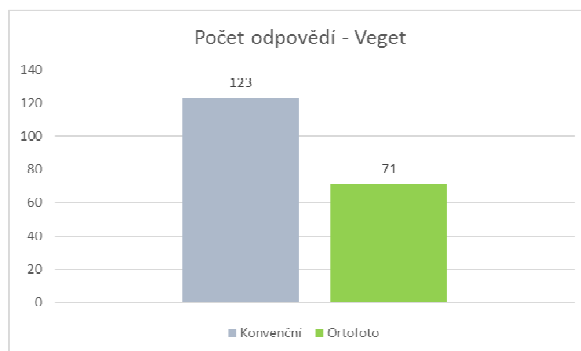


Boxplot 12 Dwell time pro všechny stimuly – Veget.

U Boxplotu 12, který znázorňuje všechny stimuly VEGET pohromadě, stimuly V4 a V5 vykazují vyšší hodnoty času stráveného na ortofotomapách než na konvenčních mapách. U ostatních stimulů jsou hodnoty na konvenčních mapách opět vyšší. U boxplotu 11 je $p\text{-value} = 6.401e-07$, to znamená, že je menší než 0,05, tím vzniká statisticky významný rozdíl.

5.3.3 Počet odpovědí

Počet odpovědí udává, kolik odpovědí bylo provedeno na ortofotomapách a kolik na konvenčních mapách na stimulech typu VEGET při rozeznávání vegetace.

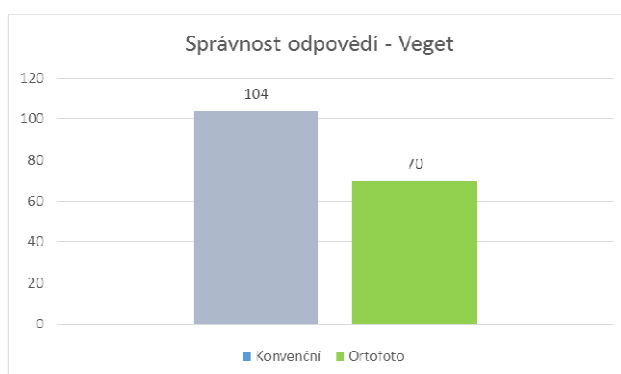


Graf 17 Počet odpovědi na jednotlivých mapách.

Odpovědi při rozeznávání vegetace byly zaznamenávány z větší části opět na konvenčních mapách a z menší části na ortofotomapách.

5.3.4 Správnost odpovědí

Z celkového počtu provedených odpovědí při rozeznávání vegetace na ortofotomapách a konvenčních mapách byla vyvozena tzv. Správnost odpovědí u stimulů skupiny Veget.



Graf 18 Správné odpovědi – Veget.

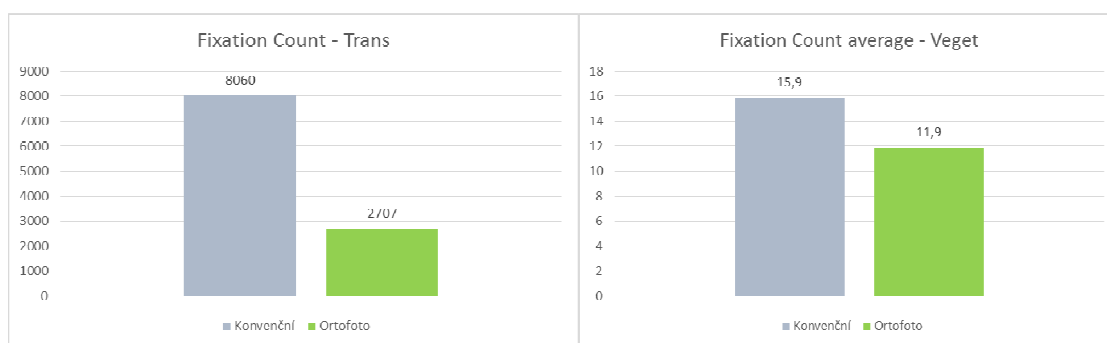
Z celkového počtu odpovědí u skupiny Veget a ve spojení se správností odpovědí vyplývá, že i když bylo odpovědí na ortofotomapách méně, jejich správnost byla 99 %, zatímco u vyššího počtu u konvenčních map se správnost pohybuje kolem 85 %.

5.4 Trans

Skupina TRANS obsahuje stimuly a k nim přiřazené otázky, díky kterým byly zjišťovány odlišnosti čtení jednotlivých map na základě vyhledávání dopravní dostupnosti na jednotlivých mapách. Sledovány byly ET metriky Fixation Count, Dwell Time, Počet odpovědí a Správnost odpovědí na ortofotomapách a konvenčních mapách.

5.4.1 Fixation Count

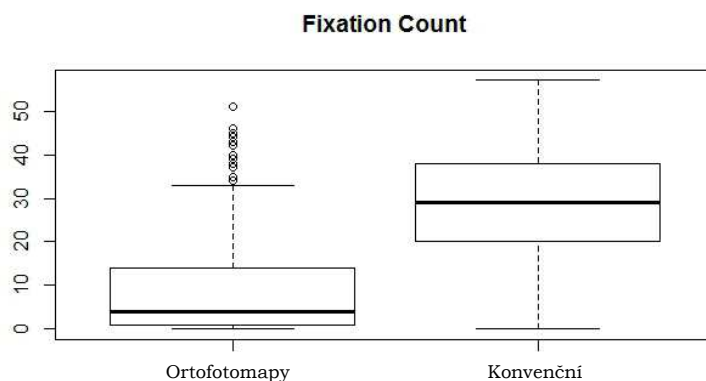
Fixation Count udává počet fixací na jednotlivých mapách, to znamená, na které mapě respondenti vickrát zastavili pohyb očí za účelem vyhledávání dopravních spojení.



Graf 19 Počet fixací – Trans.

Graf 20 Průměrný počet fixací – Trans.

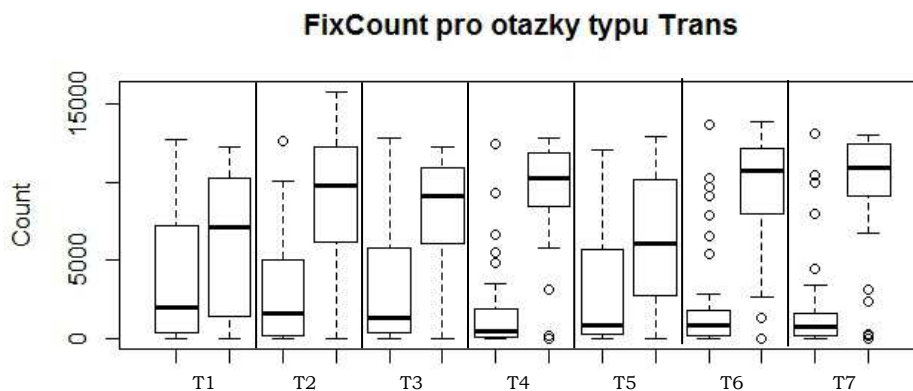
Graf 13 ukazuje velký rozdíl v počtu fixací u konvenčních map a průměrný počet fixací na jednom stimulu je u konvenčních map taktéž vyšší než u ortofotomap. Respondenti tedy více vyhledávali na konvenčních mapách.



Boxplot 13 Počet fixací – Trans.

Boxplot 13 znázorňující počet fixací na jednotlivých mapách s jednoznačně vyššími hodnotami u konvenčních map.

P-value < 2.2e-16. P-value je menší než 0,05, proto jde o statisticky významný rozdíl.

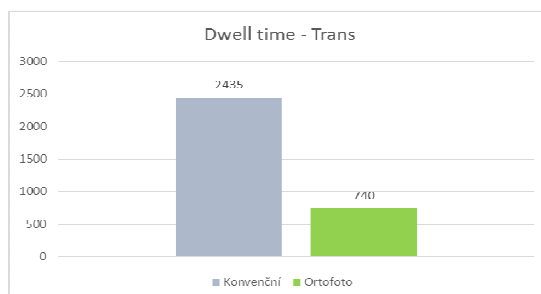


Boxplot 14 Počet fixací pro všechny otázky – Trans.

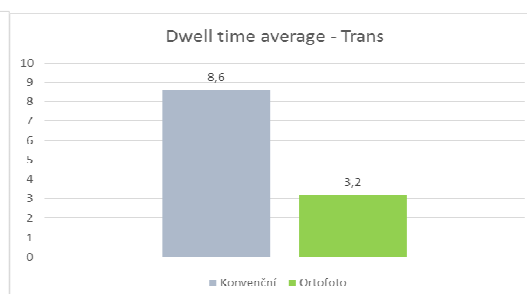
Boxplot 10 znázorňuje počet fixací všech stimulů skupiny typu Trans. Vždy na levé straně je uvedena ortofotomapa a na pravé konvenční mapa. Všechny stimuly ukazují extrémně vysoké hodnoty na konvenčních mapách.

5.3.2 Dwell Time

Dwell time udává čas strávený na jednotlivých mapách u stimulů skupiny Trans, která se zaměřuje na vyhledávání dopravních spojení na Ortofotomapách a konvenčních mapách.

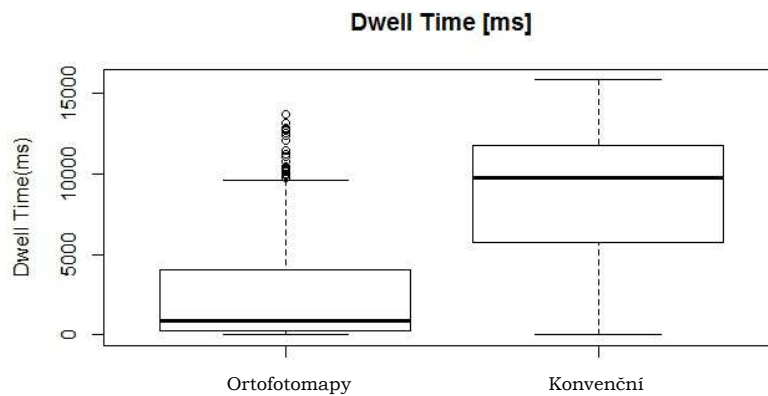


Graf 21 Dwell time – Trans.



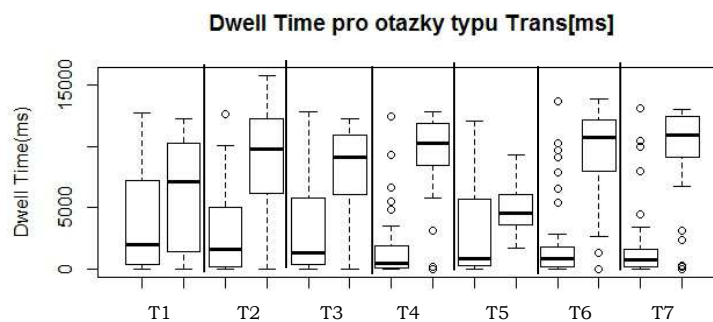
Graf 22 Dwell time average – Trans.

Doba strávená na jednotlivých mapách při vyhledávání dopravních spojení je opět delší na konvenčních mapách a i průměr je na těchto mapách vyšší.



Boxplot 15 Dwell time pro skupinu Trans.

P-value < 2.2e-16. P-value je menší než 0,05, to znamená, že jde o statisticky významný rozdíl.

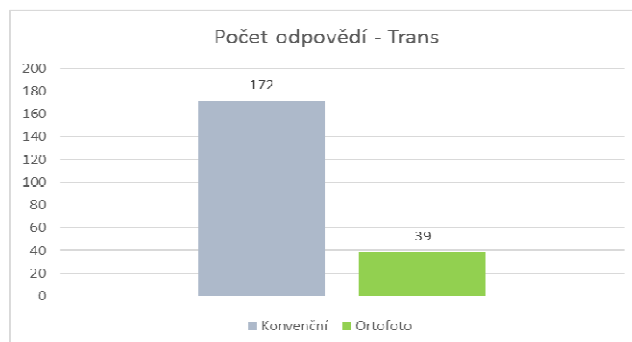


Boxplot 16 Dwell time pro všechny stimuly – Trans.

U Boxplotu 16, který znázorňuje všechny stimuly TRANS pohromadě, lze pozorovat velké rozdíly mezi časem stráveným na ortofotomapách a na konvenčních mapách. Pro vyhledávání dopravních spojení využívají uživatelé výhradně konvenční mapy.

5.3.3 Počet odpovědí

Počet odpovědí udává, kolik odpovědí bylo provedeno na ortofotomapách a kolik na konvenčních mapách na stimulech typu TRANS při vyhledávání dopravních spojení.

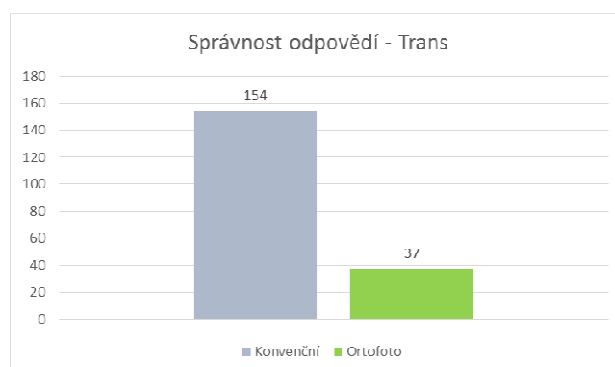


Graf 17 Počet odpovědí na jednotlivých mapách.

Odpovědi při vyhledávání dopravních spojení byly zaznamenávány z velké části opět na konvenčních mapách a jen z malé části na ortofotomapách. Respondenti vyhledávají dopravní spojení výhradně na konvenčních mapách.

5.3.4 Správnost odpovědí

Z celkového počtu provedených odpovědí při vyhledávání dopravních spojení na ortofotomapách a konvenčních mapách byla vyvozena tzv. Správnost odpovědí u stimulů skupiny Trans.



Graf 18 Správnost odpovědí – Trans.

Na konvenčních mapách odpověděli respondenti 172x a z toho 154x správně (89,5 %). Na ortofotomapách bylo 39 odpovědí a z toho 37 správně (94,8 %).

6. DOPORUČENÍ

Z předchozí kapitoly přicházejí určité závěry, zhodnocení, doporučení. Je potřeba tyto výsledky uspořádat do ucelenější podoby, syntetizovat je a vhodně interpretovat.

Z celkové analýzy nám na základě sledovaných metrik jasně vyplývá, že se uživatelé věnovali ve všech ohledech konvenčním mapám. Hodnoty Dwell time a Fixation count jsou vždy vyšší u konvenčních map. Ve spojení s počtem odpovědí na jednotlivých mapách, kde opět dominují mapy konvenční, je třeba říci, že konvenční mapy v celkovém měřítku poskytují vhodnější podmínky pro orientaci na mapě. Nicméně tato celková analýza nemusí být určující vzhledem k jednotlivým skupinám Position, Veget a Trans.

Když se zaměříme na první skupinu Position, která se soustředí na určování polohy objektů a jevů, uvidíme, že opět ve všech sledovaných ET metrikách jsou vyšší hodnoty u konvenčních map naproti ortofotomapám. I když rozdíly nejsou úplně extrémní, jsou dost velké na to, aby se dalo říci, že pro určování polohy objektů na mapě uživatelé preferují konvenční mapy.

Druhou skupinou je Veget zabývající se rozlišováním vegetace na mapě. I zde, do jisté míry překvapivě, konvenční mapy zvítězili ve výběru respondentů, jaká mapa je pro ně vhodnější pro rozlišování vegetace. Lze tedy opět říci, že k rozlišování vegetace jsou vhodnější mapy klasické konvenční.

U poslední skupiny Trans byl rozdíl ve výběru map respondentů nejvíce viditelný.

Všechny sledované ET metriky dosahovaly u konvenčních map extrémních hodnot oproti ortofotomapám. Zde je naprosto patrné, že si uživatelé v naprosté většině případů vybírali pro vyhledání dopravního spojení na mapě mapu konvenční.

Uživatelé opravdu ve velké většině využívají konvenčních map přednostně před ortofotomapami. Ortofotomapy zobrazují prostor reálně, věrně, jsou to mapy na pohled krásné, zajímavé, na první pohled zaujmou, přitáhnou. Jenže co se týče praktičnosti, tak uživatelům vadí jejich kontrastnost, stíny, překryvy v mapě a neupřesnění hranic jednotlivých objektů a jevů. Pokud není ortofotomapa doplněna o příslušnou znakovou složku, tak je to v podstatě slepá mapa. Tyto mapy uživatelé mohou preferovat pouze tehdy, pokud zobrazovanou oblast dobře znají, umí se orientovat podle charakteristických bodů v terénu.

Z toho všeho vyplývá, že pro určování polohy objektů a jevů jsou ortofotomapy kontrastní a mají mnoho rušivých elementů. Co se týče vegetace, není na místě tvrdit, že přírodní mapy se nemají vytvářet na podkladu leteckých snímků nebo topografických ortofotomap, nicméně výsledky experimentu ukázaly, že i vegetaci uživatelé rozeznávají lépe na konvenčních mapách. Je to ale otázka konkrétního testování, stimulů, kladených úkolů a otázek. Výzkum v této oblasti by měl pokračovat a zaměřit se právě na rozlišování vegetace a vegetačních pokryvů. Nejhuře to pro ortofotomapy v porovnání s konvenčními mapami vyšlo při vyhledávání dopravních spojení. V této oblasti nevidím případný rozvoj tvoby ortofotomap.

Výsledky testování přinesly analýzy možná očekávané, možná neočekávané, ale zjištěné pomocí eye-trackingové technologie a další hlubší analýza v této oblasti se mohou opírat o tyhle výsledky a vycházet z nich.

7. VÝSLEDKY

Tato kapitola ukazuje stručné shrnutí výsledků testování z kapitoly 5, ve které byly výsledky rozděleny na celkové vyhodnocení a na vyhodnocení jednotlivých skupin. V rámci celkového vyhodnocení byly sledovány metriky Fixation Count, Dwell time, Počet odpovědí a Správnost odpovědí.

	ofm/kon.	
FixCount	16500/8675	P-value < 2.2e-16 – je menší než 0,05, jde o statisticky významný rozdíl.
FixCount average	20,6/11,6	
Dwell time	2449,2/1527,1	
Dwell time average	5,2/2,5	
Počet odpovědí	423/203	
Správnost odpovědí	389/197	

Position	ofm/kon.	
FixCount	4384/3060	P-value = 4.024e-08 – je menší než 0,05, jde o statisticky významný rozdíl.
FixCount average	15,9/11,3	
Dwell time	1280,5/850,8	P-value = 5.712e-09. P-value je menší než 0,05, jedná se o statisticky významný rozdíl.
Dwell time average	4,6/3,2	
Počet odpovědí	149/95	
Správnost odpovědí	145/91	

Odpověď na výzkumnou otázku: NE
Zamítneme nulovou hypotézu

Veget	ofm/kon.	
FixCount	4056/2729	P-value = 2.303e-07 – je menší než 0,05, jde o statisticky významný rozdíl.
FixCount average	15,9/11,9	
Dwell time	1105,5/747,9	P-value = 6.401e-07. P-value je menší než 0,05, jedná se o statisticky významný rozdíl.
Dwell time average	4,5/3,2	
Počet odpovědí	123/71	
Správnost odpovědí	104/70	

Odpověď na výzkumnou otázku: NE
 Zamítáme nulovou hypotézu

Trans	ofm/kon.	
FixCount	8060/2707	P-value = 2.2e-16 – je menší než 0,05, jde o statisticky významný rozdíl.
FixCount average	15,9/11,9	
Dwell time	2435/740	P-value = 2.2e-16. P-value je menší než 0,05, jedná se o statisticky významný rozdíl.
Dwell time average	8,6/3,2	
Počet odpovědí	172/39	
Správnost odpovědí	154/37	

Odpověď na výzkumnou otázku: NE
 Zamítáme nulovou hypotézu

Ve všech skupinách vždy vznikl statisticky významný rozdíl u hodnot Dwell time a Fixation Count, to znamená, že konvenční mapy vždy významným rozdílem předčily ortofotomapy.

8. DISKUZE

Cílem práce bylo identifikovat odlišnosti čtení ortofotomap a konvenčních map pomocí eye-trackingových testů. Na první pohled jasné zadání s minimem nejasností, které dávalo dobré vyhlídky po poklidnou práci. Říká se, že zdání klame a nejinak tomu bylo i v tomto případě. V průběhu práce vzniklo nespočet problémů a úskalí, na které jsem musel reagovat a řešit je.

První problém vznikl při primárním sběru dat, kdy jsem měl nashromáždit co největší počet získaných ortofotomap. Na první pohled banální úkol, nicméně opak je pravdou. Ortofotomapy, to je nedostatkové zboží, jejich vytváření je velice nákladné a nikdo je jen tak od stolu nevydá. Navíc většina institucí, potenciálních vlastníků ortofotomap, nepotřebuje vytvářet ortofotomapy v klasickém slova smyslu a používají max. vrstvu ortofoto, na kterou nahrávají další vrstvy dle potřeby. Jediná pomoc se mi dostala ve VGHMůř v Dobrušce, kde mi byly poskytnuty ortofotomapy s vojenskou tematikou. Bohužel pro mě, většina ortofotomap byla pro testování nepoužitelná, tím pádem bylo potřeba ortofotomapy jako jednotlivé části stimulů pořídit jinak. S vedoucím práce jsme se shodli na vytvoření mapových výřezů z webové aplikace Mapy.cz od společnosti Seznam.cz, a.s. a k nim vytvoření vhodných výřezů konvenčních map. Při přípravě stimulů pro testování bylo uvažováno, jakým způsobem testování provést. První myšlenkou bylo vytvoření dvou experimentů, kdy by jeden experiment byl zaměřen pouze na ortofotomapy a druhý jen na konvenční mapy. Každý experiment by potřeboval své respondenty, kterých by muselo být kolem 40, aby měly výsledky vypovídající hodnotu. Z důvodu, že experiment byl zaměřen na běžné uživatele a jejich preference, bylo by téměř nemožné natestovat 80 respondentů i kvůli časové vytíženosti laboratoře, časovými možnostmi respondentů atd., jsem se rozhodl, že experiment postavím jinak. Vedle sebe jsem tedy dal výřez ortofotomapy a konvenční mapy a vytvořil tak stimul. Stimulů bylo vytvořeno 20 a 20 jejich ekvivalentů s obrácenými stranami jednotlivých výřezů map. Ukázaly se mi tedy i preference jednotlivých uživatelů při vyhledávání na mapě.

Kromě potíží při testování, které zažil asi každý, kdo testoval respondenty, testování proběhlo bez problémů. Problémy nastaly až při vyhodnocování experimentu od vytváření oblastí zájmu přes procházení jednotlivých respondentů a jejich testů, přes export a následnou úpravu.

Při vyhodnocování byl problém s atributem „Doba do odpovědi“, který jsem měl sledovat. Nicméně jsem neměl jen odpovědi kliknutím, ale i formulářové odpovědi, proto jsem zvolil jak vhodnou metriku „Dwell Time“, který udává délku strávenou na jednotlivých oblastech zájmu. Dalšími atributy byly „Fixatin Count“ „Správnost odpovědi“ a „Počet odpovědí“ provedených na jednotlivých mapách. Nakonec se mi povedlo se všemi záznamy a tabulkami prokousat a experiment vyhodnotit.

Při sestavování testů jsem měl strach, že rozdíl mezi mapami nebude žádný. I když je to taky výsledek, nechtěl jsem, aby to tak dopadlo. Naštěstí tomu tak opravdu nebylo a výsledky mě i tak překvapily. Celková analýza ukázala převahu vyšších hodnot u všech sledovaných metrik u konvenčních map, což ještě nemusel být výsledek ovlivňující celý experiment. V duchu první analýzy pokračovaly výsledky i jednotlivých skupin Position, Veget a Trans. V každé skupině nebylo sledované metriky, která by v rámci jednotlivých skupin vykazovala vyšší hodnoty ortofotomap než u konvenčních

map. To znamená, že konvenční mapy jednoznačně volil pro vyhledávání větší počet respondentů. Největší rozdíl výsledků byl u skupiny Trans, která byla zaměřena na vyhledávání dopravních spojení. Zde bych budoucnost ortofotomap neviděl. Za to nejmenší rozdíly byly u skupiny Veget, kde se rozeznávala vegetace. I přes převahu vyšších hodnot u konvenčních map u všech metrik si myslím, že důkladnější zaměření na tuhle oblast by přineslo zase nové poznatky o ortofotomapách. U vyhledávání dopravních spojení bych další testování neprováděl.

Při dotazování na druh mapy, který se na první pohled respondentům líbil, odpověděla většina, že ortofotomapa, ale s dodatkem, že vyhledávání na mapě je jednodušší na mapách konvenčních. Dalším nápadem bylo vyhodnocení každého stimulu zvlášť, ale z důvodu toho, že pro charakter práce je hodnotnější informace o celých skupinách.

9. ZÁVĚR

Tématem mé práce bylo: „Odlišnosti čtení ortofotomap a konvenčních map“ za pomoci eye-trackingového testování. Cílem práce byla identifikace těchto odlišností pomocí eye-trackingového testování. Dalším cílem bylo vytvoření eye-trackingového experimentu k identifikaci těchto odlišností. Odlišnosti byly zjišťovány na základě sledovaných hodnot ET metrik – Dwell time, Fixation Count, Počet odpovědí na jednotlivých mapách a Správnost těchto odpovědí při testování.

Samotný experiment spočíval v tom, že na stimulu byly vedle sebe ortofotomapa a konvenční mapa a nad tímto způsobem vytvořeným stimulem respondenti řešili zadaný úkol. Stimulů bylo celkem 20 a respondentů celkem 40. Stimuly byly rozděleny do tří skupin – Position, Veget, Trans. Samotný jeden test netrval déle než 10 minut.

Výsledkem práce je celkové vyhodnocené eye-trackingové testování, které ukázalo, že konvenční mapy poskytují lepší prostředí pro orientaci a vyhledávání na mapě než ortofotomapy.

Další vyhodnocení bylo zaměřeno na jednotlivé skupiny Position, Veget, Trans. U skupiny Position vykazovaly vyšší hodnoty všech ET metrik konvenční mapy. Stejně tomu bylo i u skupiny Veget a vůbec nejvyšší rozdíly byly naměřeny při vyhledávání dopravních spojení u skupiny Trans, kdy respondenti volili v drtivé většině konvenční mapy a jen v některých případech volili ortofotomapu.

Dá se tedy říci, že konvenční mapy poskytují lepší prostředí pro určování polohy objektů, rozlišování vegetace a vyhledávání dopravního spojení než ortofotomapa.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BĚLKA, L. (2006). Tvorba ortofotomapy v Armádě ČR. *Aktivita v kartografii*, Zborník referátov, Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV, s. 9-18.

BĚLKA, Luboš. *Popis ortofotomap* [online]. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 518 16, Dobruška, Česká republika, 2007 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2007/sbornik/Referaty/Sekce7/Belka.pdf

BĚLKA, Luboš a Vít VOŽENÍLEK. *Ortofotomapa: geovizualizace materiálů dálkového průzkumu Země*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky UP, 2013, 141 s. ISBN 978-80-244-3592-3.

BOJKO, Aga. *Eye tracking the user experience: a practical guide to research*. Brooklyn: Rosenfeld Media, c2013, xiv, 304 s. ISBN 978-1-933820-10-1.

DUCHOWSKI, Andrew. *Eye tracking methodology theory and practice*. 2nd ed. London: Springer, 2007. ISBN 9781846286094.

POPELKA, Stanislav, Alžběta BRYCHTOVÁ a Vít VOŽENÍLEK. *Eye-tracking a jeho využití při hodnocení map*. Geografický časopis / Geographical journal, 2012

VOŽENÍLEK, Vít. *Diplomové práce z geoinformatiky*. Olomouc, UP: Vydavatelství Univerzity Palackého, 2002. ISBN 8024404699.

Internetové zdroje:

Eye tracking | aileenreese1 [online]. 2013 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: <https://aileenreese1.wordpress.com/2013/11/20/eye-tracking/>

FITZGERALD, Britney. SGI Twitter Heat Map: supercomputer Shows Where Anrgiest Tweeters Live [online]. 2012 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: http://www.huffingtonpost.com/2012/11/19/sgi-twitter-heat-map_n_2138726.html

Gisat/Ortorektifikace [online]. [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/zpracovani-dat/ortorektifikace>

MILLER, Miranda. *Google Searchers Use Autocomplete Most, Ignore Google Instant [Eye Tracking Study]* [online]. 2011 [cit. 2015-08-11]. Dostupné z: <http://searchenginewatch.com/sew/study/2128218/google-searchers-autocomplete-ignore-google-instant-eye-tracking-stud>

SUMMARY

The aim of the work is identify the differences between orthophotomaps and conventional maps by using eye-tracking tests.

The theoretical part contains the current state of the literature search of orthophotos and eye-tracking. Practical work includes creating eye-tracking tests to identify differences in reading orthophotos and conventional maps, testing the respondents, evaluation of eye-tracking tests and visualization of test results and informations. End of practical part contains a synthesis of all the results of the experiment and the subsequent recommendations for the use of conventional maps and orthophotos in various parts of human activity.

Differences in reading both types of maps are found by using eye-tracking testing. The test contained 20 stimuli consisting of orthophoto map section and conventional map section. Stimuli were divided into three groups - Posititon, Veget and Trans. Position is aimed at positioning objects, Veget - resolution of vegetation and section Trans - searching transport links.

ET metrics such as Dwell time, Fixation count, number of answers on orthophoto maps or conventional maps and the accuracy of answers. After evaluating these metrics monitored in each group and in whole test, we can say that conventional maps provide a better environment for users to orientation than orthophoto maps.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1 DVD

Popis struktury DVD

Text_prace

Stimuly_ukazka

Eye_tracking_Projekt_BeGaze

Tab_AOI

Graphs

boxpots