

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Bc. Jan HANZELKA

**TYPOLOGIE UŽIVATELŮ MAP NA ZÁKLADĚ
EYE TRACKING SYSTÉMU**

Magisterská práce

Vedoucí práce: Doc. Mgr. Jiří Dvorský, Ph.D.

Olomouc 2013

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracoval samostatně pod vedením Doc. Mgr. Jiřího Dvorského, Ph.D.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 22. dubna 2013

Děkuji vedoucímu práce Doc. Mgr. Jiřímu Dvorskému, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji Mgr. Stanislavu Popelkovi za cenné rady při zpracování práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan HANZELKA**
Osobní číslo: **R110038**
Studijní program: **N1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika**
Název tématu: **Typologie uživatelů map na základě eye tracking systému**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Smyslem práce je analýza časoprostorových dat získaných z eye tracking systému při řešení sady experimentálních úloh. Prvním úkolem je definice vhodných úloh pro využití eye tracking systému a sběr experimentálních dat při řešení navržených úloh respondenty. Dalším úkolem je předzpracování experimentálních dat tak, aby byly použitelné pro shlukovou analýzu, analýzu neuronovými sítěmi atd. Cílem je vyhledat podobné segmenty v experimentálních datech svědčící o podobném postupu řešení úkolů respondenty a srovnat tyto výsledky s charakteristikami respondentů. Získané výsledky je nutné vhodným způsobem interpretovat a vizualizovat.

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 diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI (2010).

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

Mařík V., Štěpánková O., Lažanský J. Umělá inteligence I – IV, Academia, Praha 1993

A. K. Jain, M. N. Murty, P. J. Flynn. Data clustering: a review, ACM Computing Surveys, 31(3), 1999, 99 264-323, ACM Press, citeseer.ist.psu.edu/jain99data.html

Kohonen, T. Self-Organising Maps, Springer-Verlag. 2001, třetí vydání.

Novák, M., Faber, J., Kufudaki, O. Neuronové sítě a informační systémy živých organismů. Grada, Praha, 1992.

Russel S.J., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall, 2009, třetí vydání

Voženílek, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP, 31 s.

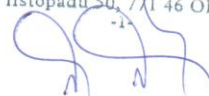
Vedoucí diplomové práce: **Doc. Mgr. Jiří Dvorský, Ph.D.**
VŠB Ostrava

Datum zadání diplomové práce: **1. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. dubna 2013**

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

L.S.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc



Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 1. října 2011

OBSAH

ÚVOD	8
1 CÍLE PRÁCE.....	9
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	10
2.1 Použitá data	10
2.2 Použité programy	11
2.3 Postup zpracování	12
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	14
3.1 Typologie	14
3.2 Eye-tracking	15
3.3 Eye-tracking studie zaměřené na typologii uživatelů	17
3.3.1 Porovnání pohybu očí – expert a laik	18
3.3.2 Porovnání pohybu očí – muži a ženy.....	20
4 MOŽNOSTI MĚŘENÍ A ANALÝZY EYE-TRACKINGU.....	22
4.1 Metriky.....	22
4.2 Statistické metody a hypotézy.....	23
5 SCANPATH COMPARISON	24
5.1 Analýzy spojené s AOI	25
5.1.1 Pravidelná síť AOI.....	25
5.1.2 Uživatelsky definované AOI	26
5.1.3 Loci similarity a Sequence similarity	27
5.1.4 EyePatterns	28
5.2 Analýzy trajektorie pohledu	32
6 ZPRACOVÁNÍ A PROVEDENÍ ANALÝZY	34
6.1 Příprava dat a analýzy v eyePatterns.....	34
6.2 Příprava dat a analýzy v CommonGIS	36
6.3 Srovnání použitých metod.....	36
7 VÝSLEDKY	39
7.1 Minimální rozdíly mezi skupinami	39
7.2 Částečné podobnosti.....	41
7.3 Charakteristické postupy	45
7.4 Hodnocení	49
8 DISKUZE	51
9 ZÁVĚR.....	53

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

SUMMARY

PŘÍLOHY

ÚVOD

Téměř každý člověk držel alespoň jedenkrát v ruce mapu a snažil se v ní zorientovat a něco konkrétního najít. Také nejedné osobě možná proběhla hlavou otázka, jak možné, že někteří se v mapách orientují snáze, a jiní s tím mají obtíže. A jak rozdílně se vlastně na mapy dívají na straně jedné kartografové, tedy ti, kteří mapy tvoří, a na druhé straně jejich čtenáři, kteří jsou běžnými uživateli?

Na tuto otázku by v minulosti nebylo jednoduché přesně odpovědět. Sice již dávno je známo, že existují různé typy osob, které se vyznačují navzájem odlišnými přístupy a postupy, ale bez moderní technologie eye-tracking systému by nebylo možné detailně změřit pohledy zmíněných lidí a vědeckými postupy je zhodnotit.

Hlavní využití eye-trackingu je v současnosti převážně na poli marketingu, přesto si tento způsob zkoumání úspěšně hledá cestu na univerzitní půdu a za jeho využití vzniká čím dál více studií. Významným zaměřením experimentů bývá srovnání expert – laik.

V této diplomové práci se obdobně porovnávají osoby, které absolvovaly vzdělání zaměřené na kartografii, a pak lidé, kteří takovéto studium nepodstoupili. Tento příklad z kartografie ovšem zdaleka není jediné využití tohoto formátu. V mnoha jiných oblastech jsou významné rozdíly v pohledu zkušených uživatelů oproti těm, kteří nemají dostatečný přehled, povědomí nebo zkušenosti se zvolenými úlohami. A právě pomocí eye-trackingu by tedy mohli méně zkušené osoby nahlédnout a něco si odnést z toho, kam přesně se dívají zkušenější uživatelé.

Rozdíly ovšem nejsou jen mezi experty a laiky. Určité odlišnosti, nejen při čtení map, jistě lze nalézt také mezi muži a ženami, takže je vhodné zkusit si tyto zjištění, že je možné rozlišovat skupiny uživatelů, ověřit a případně podložit fakty.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je analýza časoprostorových dat získaných z eye-tracking systému při řešení sady kartografických úloh. Touto úlohou může být například nalézt zadaný bod, označit v zadaném pořadí určité prvky a rozhodnout, který ze zvýrazněných vrcholů je nejvyšší.

Prvním úkolem je definice vhodných úloh pro využití eye-tracking systému, sběr experimentálních dat při řešení navržených úloh respondenty či analýza a výběr ze stávajících dostupných měření provedených na Katedře geoinformatiky.

Dalším úkolem je předzpracování experimentálních dat tak, aby byly použitelné pro některé z vybraných analýz dvou zvolených programů – eyePatterns a CommonGIS, a následně provést samotné analýzy a získat vhodné výstupy.

Cílem je vyhledat podobné segmenty v experimentálních datech, v získaných shlucích, svědčící o podobném postupu řešení úkolů respondenty a srovnat tyto výsledky s charakteristikami respondentů. Získané výsledky je nutné vhodným způsobem interpretovat a vizualizovat.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

V rámci diplomové práce byla tvořena rešerše na studie zaměřené na využití eye-trackingu při řešení geografických úloh se snahou identifikovat a rozdělit testované uživatele do určitých skupin dle zvolených kategorií, jako je pohlaví, vzdělání nebo jiná charakteristika.

Praktická část byla tvořena vlastní studií, která se zaměřila na to, zda je možné rozlišit uživatele map do určitých skupin, které mají společného více než jen podobný způsob čtení map a vyhledávání v nich.

2.1 Použitá data

Data, která jsou využita v rámci této diplomové práce, byla pořízena pomocí eye-tracking systému, kterým je Katedra geoinformatiky vybavena, samotnými studenty v rámci výuky předmětu Kartografický projekt nebo jsou součástí práce studentů doktorského studijního programu.

Mezi projekty, které byly využity, jsou 3D vizualizace, Hodnocení legendy a Hodnocení mapové kompozice.

První zmíněné měření bylo provedeno pod vedením Mgr. Stanislava Popelky. Cílem byla snaha srovnat 2D a 3D mapy uživateli, zjištění preferencí, který z obou stylů vizualizace je vhodnější, a schopnost orientace v 2D a 3D prostředí map. V rámci testování bylo využito 15 map a zúčastnilo se jej 40 respondentů.

Test Hodnocení legendy byl vytvořen v rámci předmětu Kartografický projekt skupinou studentů. Jednalo se o Bc. Gabrielu Geherovou, Bc. Jana Hanzelku a Bc. Jana Kubného. Účelem měření byla snaha zjistit, jak jsou uživatelé zvyklí na tradičně používané legendy, jejich dělení a také dodržování kartografických pravidel pro přehlednost legendy a snadnou orientaci v rámci ní. Základem bylo 19 map a bylo využito měření 21 uživatelů.

Poslední eye-tracking testování, Hodnocení mapové kompozice, bylo také součástí Kartografického projektu. Skupina, která je jeho autorem, byla složena z Bc. Marka Adamce, Bc. Martina Klíchy, Bc. Jana Procházky a Bc. Romana Zbranka. Použité mapy byly vytvářeny se záměrem měnit a upravovat jak rozmístění, tak velikosti použitých kompozičních prvků. Bylo také zkoumáno, kterých kompozičních prvků si testované subjekty všimaly a které byly naopak přehlíženy. Součástí tohoto testu bylo 19 map a absolvovalo jej 20 respondentů.

Všechny tyto tři experimenty jako charakteristiky respondentů obsahovaly informace, zda je uživatel žena či muž, a jelikož se jednalo většinou o studenty univerzity, další charakteristikou byla informace, zda dotyčné osoby absolvovaly během svého studia předmět zaměřený na kartografii.

2.2 Použité programy

Během tvorby diplomové práce byla snaha využít spíše nekomerční software, který je tedy volně přístupný. Komerční software byl fakticky použit jen při samotném pořizování dat a exportu, jelikož je součástí softwarového vybavení eye-tracking laboratoře, která je součástí Katedry geoinformatiky.

Experiment Center™

Software Experiment Center™ od společnosti SensoMotoric Instruments, kterým je vybavena eye-tracking laboratoř, slouží k přípravě a nastavení testů. Nejdříve se vytvoří samotný test, upraví se nastavení ke konkrétním otázkám a vloží se zadání s jednotlivými snímky, které budou objektem zájmu respondentů. K testu zde lze případně nastavit povolení používání myši či časový limit, po jehož vypršení se možnost zodpovězení otázky ukončí. V tomto programu tedy došlo k vytvoření jednotlivých použitých testů, ze kterých byla dále zpracovávána a analyzována získaná data (SensoMotoric Instruments GmbH > Gaze and Eye Tracking Systems > Products > Experiment Center Software, 2013).

BeGaze™

Program BeGaze™ je také produktem SensoMotoric Instruments a je též vybavením eye-tracking laboratoře KGI. Tento program sloužil pro prvotní seznámení s dostupným projekty, jejich výběrem a prozkoumání naměřených dat. Nejdůležitějšími funkcemi softwaru jsou možnosti vizualizovat uskutečněné experimenty a provádět jejich další analýzy nejen pomocí srovnávání statistických údajů. Možností, která byla v rámci diplomové práce hlavně využita u toho programu, bylo exportování naměřených dat do textových souborů (SensoMotoric Instruments GmbH > Gaze and Eye Tracking Systems > Products > BeGaze Analysis Software, 2013).

OGAMA

OGAMA, nebo také celým názvem OpenGazeAndMouseAnalyzer, je open source software pro měření a analyzování eye-tracking měření. Za tvorbou stojí Adrian Voßkübler a Freie Universität Berlin. Tento program by se dal označit ekvivalentem ke komerčnímu softwaru Experiment CenterTM a BeGazeTM, jelikož i OGAMA poskytuje tvorbu vlastního měření a široké možnosti analyzování získaných dat. Pro diplomovou práci byl tento software užitečný při tvorbě oblastí zájmů (AOI, areas of interest), tvorbě sekvencí a exportu dat pro využití v dalších programech (VOßKÜHLER, 2013).

eyePatterns

Javovská aplikace eyePatterns je nástroj sloužící pro hledání podobností a vzorů v sekvencích zjištěných fixací. Do eyePatterns vstupují předem zjištěné sekvence z jiných programů, v tomto případě z OGAMY. Na základě uživatelem zvoleného algoritmu pak lze vytvořit shluky, které reprezentují podobnosti mezi sekvencemi, respektive uživateli. Vyplněním dostupných vlastností a charakteristik je poté možné shluky zabarvit a získat tím přehled o podobnostech mezi různými skupinami uživatelů (SourceForge.net: eyePatterns - Project Web Hosting - Open Source Software, 2009).

CommonGIS

Program CommonGIS, či jinak nazývaný V-Analytics, bývá využíván převážně pro své možnosti vizualizace interaktivních map a diagramů. Autory jsou manželé Gennady Andrienko a Natalia Andrienko z Fraunhofer Institute IAIS. Předností jsou tedy hlavně v širších možnostech, jak vybraná data fakticky zobrazit, ale užitečným nástrojem, který byl využit při práci, je Similarity analysis. V jeho rámci bylo možné provádět analýzy podobnosti mezi trajektoriemi pohledů a jejich vzájemné srovnání (Fraunhofer IAIS: CommonGIS, 2013).

2.3 Postup zpracování

Zpracování diplomové práce je možné rozdělit do tří částí. První je rešeršní část, která se zabývá studii a pracemi, které si vybraly kombinaci eye-tracking technologie a geografie či kartografie. Důležitým prvkem byla snaha o srovnání skupin uživatelů podle určitého aspektu, kterým se od sebe navzájem lišily.

Druhá část je již praktická, a spadají pod ni veškeré práce s daty, ať už se jednalo o nezbytné úpravy nebo prováděné analýzy. Na začátku byly zvolené experimenty, které posloužily jako zdroje a podklady dat. Jak bylo zmíněno, jedná se o tři měření provedené na Katedře geoinformatiky zaměřené na 3D vizualizaci, mapovou kompozici a legendu mapy. Tato data bylo potřeba z exportovaného formátu programu BeGaze™ upravit tak, aby je bylo možno dále využít a importovat do softwaru OGAMA.

Základem analýz dat z eye-trackingu byly dva zvolené přístupy. První je postaven na hodnocení podobnosti posloupnosti navštívených Areas of Interest (AOI) a druhý na srovnání trajektorií pohledů. V prvním případě je potřeba mít k dispozici AOI, na základě kterých lze pomocí takto navštívených míst vytvořit sekvence navštívených AOI, které se poté porovnávají a ve výsledku vizualizují dle podobnosti ve shluku. Druhý způsob hodnotí průběhy trajektorií, které vzniknou propojením zjištěných fixací, bodově je ohodnotí a po dalším zpracování je výstupem rozložení uživatelů do shluků srovnávající zmiňované trajektorie.

Hlavními pracemi tedy bylo vytvoření AOI pro všechny zkoumané mapy a vytvoření sekvencí, které charakterizují posloupnosti, kam směřoval pohled, pro jednotlivé uživatele. Následovalo další exportování potřebných informací. V jednom případě se jednalo o sekvence písmen, které reprezentují navštívené AOI, a ve druhé situaci šlo o fixace, kterými se získaly trajektorie pohledů. Sekvence se po dalších úpravách nahrávaly do eyePatterns, kde docházelo k jejich analyzování a tvorbě shluků na základě podobností pohledů uživatelů na jednotlivé mapy. Fixace byly využity pro import do CommonGIS, kde byly také provedeny analýzy, ze kterých se získávaly podobnosti mezi trajektoriemi, respektive mezi respondenty. V závěru této části byly oba zmíněné postupy, kdy aplikace eyePatterns využívala data založená na AOI a program CommonGIS používal k porovnání fixace, a jejich výsledky srovnány.

Třetí a tedy poslední část je věnována vlastní interpretaci výstupů z provedených analýz a vytvoření úsudků plynoucích ze zjištěných faktů.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Každý uživatel je jedinečný, přesto jsou jisté dispozice vrozené nebo mohou být získány podobnou výchovou, vzděláním nebo jinak nabytými zkušenostmi. Lze odhadnout, že budou jisté rozdíly v chování a reakcích mezi různorodými skupinami osob. Například nelze úplně očekávat, že bude mít stejný přístup k vybrané problematice třeba vysokoškolský profesor, který musel prokázat široké vědomosti, píli a zkušenosti, a mladý student, který propadá na učňovském oboru. Tento příklad srovnání dvojice jedinců je extrémní, přesto by na něm mělo jít srovnat rozdílnosti v přístupu k svěřené problematice, širší inteligenci, obecném přehledu a zkušenostech získaných věkem.

Při srovnávání však není třeba zacházet až tak daleko v rozdílnosti. Je možno využít klidně i menší výčet charakteristik testovaných osob. Nespornou výhodou testování uživatelů s využitím eye-trackingu je fakt, že tato metoda je opravdu objektivní a potlačuje možnosti uživatele během experimentu klamat, ať už záměrně či nevědomě. Běžně býval používaný standardní test, kdy se uživatel díval na obrázek a poté vyplnil dotazník, kde mohly být například otázky typu, která část snímku jej nejvíce zaujala. Toto však nemá úplně stejnou vypovídací hodnotu jako měření pomocí eye-trackingu, kdy lze přesně určit, kam, v jakém pořadí a jak dlouho se dotyčný respondent díval. A tohoto je možné využít v mnoha různých studiích zaměřených na geografii a příbuzné obory.

3.1 Typologie

Všichni lidé jsou od sebe v něčem odlišní, ať už to jsou drobnosti nebo jde o výrazné rozdílnosti. Lišíme se temperamentem a vrozenými vlastnostmi osobnosti, které ovlivňují naše chování. Přestože každý má své individuální reakce, lze nalézt jisté společné rysy chování, které jsou stejné nebo podobné u více osob, což je možné označit jako typologie osobnosti (Mikšík, 2007).

Dietrich a Walter (1970, cit. podle Nakonečný, 1995, s. 312) definují pojem typ následovně: „Typ je označení pro spojení rysů, které jsou společné skupině individuů, resp. pro individuum, které vykazuje všechny rysy skupiny v optimální nebo maximální výraznosti.“ Podle tohoto výkladu pojem typ označuje určitý soubor pevně spojených rysů s tím, že pojmenování tohoto typu vyjadřuje to, co mají rysy tvořící tento syndrom společného (Nakonečný, 1995).

První z typologií, jejíž zastánci byli již v antice Galénos a Hippokrates, vycházela z nevědeckého pojetí, když byla založena na mísení tělesných tekutin. Navzdory značnému časovému odstupu od současné psychologie, se tato prvotní typologie vyznačuje přesnými pozorováními se správně stanovenými charakteristikami a mnohé z ní je platné i dnes. Jednotlivé typy osob byly rozděleny na sangviniky, choleryky, flegmatiky a melancholiky (Nakonečný, 1995).

Typologie osobnosti vytvořená Carlem Gustavem Jungem dělí lidi podle projevů k vnějšímu prostředí. Rozdělení je na extrovertní a introvertní typy. Extrovertní typy jsou zaměřeny spíše na objektivní vnímání, oproti tomu introvertní typy se opírají převážně o subjektivní pohled na danou věc (Carl Gustav Jung / Obecné typy, 2013).

Rozdělení osob do skupin, tedy vytvoření jisté typologie, ovšem nezávisí jen na duševním stavu, ale také na ostatních dispozicích daných jedinců. Může se jednat o vrozené dispozice (vlohy), mimořádně vyvinuté vlohy (nadání), naučené dispozice (schopnosti), naučené mimořádné dispozice (talent), pamětní mentální předpoklady výkonu (vědomosti) nebo dispozice k vykonávání určité praktické činnosti (dovednosti) (Nakonečný, 1995).

V rámci diplomové práce bylo pro rozdělení uživatelů do typologicky odlišných skupin zvoleno přístupu, který odlišuje experty a laiky a poté odděluje ženy od mužů. Jako expert, kartograf, je v tomto případě považována osoba, která na Katedře geoinformatiky úspěšně absolvovala předmět nebo předměty zaměřené na kartografii. Laik, nekartograf, je potom ten, kdo studium kartografie nepodstoupil.

3.2 Eye-tracking

Eye-tracking je moderní technologie, která je založena na snímání pohybu očí při vnímání vybraného obrazu (Gienko, Levin, 2005).

Jedná se o objektivní metodu, jelikož výsledný pohled není přímo ovlivňován názorem osoby, která podstupuje měření. Když se uživatel dívá na jakýkoliv obraz, lze jeho pohled zařadit jako percepční nebo kognitivní proces. Při percepci sledovaná osoba zvolený prvek zahlédne, a následně při kognitivním procesu dochází k uvědomění, zkoumání konkrétní informace a pochopení. Při analyzování pohybu očí lze vyčíst kvalitativní a kvantitativní informace. Z kvalitativních informací lze vyčíst způsob zkoumání obrazu, například postup hledání nebo místo největšího zájmu, a z kvantitativních lze získat informace o čase nebo rychlosti postupu (Goldberg, Kotval, 1999).

Existují 3 hlavní metody zkoumání pohybu očí – elektrokulografie, při které jsou využity elektrody umístěné v okolí oka, metody využívající speciální kontaktní čočky a neinvazivní bezkontaktní metody (Duchowski, 2007).

Oční snímač, také nazývaný eye-tracker, se skládá z kombinace vysílače, který vysílá infračervené světlo, dvou kamer pro snímání odrazu a výpočetní techniku pro zpracování informací o odrazu infračerveného světla od oka (Ovládání pomocí očí může nahradit prsty | VTM.cz, 2013).

Mezi nejvýznamnější aktivity oka během testování lze vybrat fixace a sakády. Jako fixace je označována událost, když se uživatel pohledem soustředí na konkrétní prvek, tudíž se dívá do jednoho místa na obraze a snaží se přímo získat informace o prvku. Sakády jsou naopak pohyby oka, které jsou velmi rychlé a často trhavé, sloužící pro nalezení vhodných objektů a jejich uvedení do zorného pole (Biedert a kol., 2009). Analyzováním fixací a sakád se hojně využívá při hodnocení map pomocí eye-trackingu. V kartografii patří mezi časté analýzy hodnocení srozumitelnosti mapy různým skupinám uživatelů nebo třeba rozložení mapové kompozice.

Vzhledem k faktu, že samotný záznam pohybu oka z eye-tracking systému je prakticky udáván bodem o známé poloze a časem, tedy jde o sérii po sobě jdoucích bodů (ve velmi krátkém čase, který závisí na časovém rozlišení přístroje, kterým je záznam pořízen), je posléze potřeba určit, ve které části záznamu se jedná o fixace a sakády. K tomuto je potřeba využít software s vhodným algoritmem, který na základě vzdálenosti mezi po sobě jdoucími body identifikuje fixace a sakády. Existuje mnoho algoritmů, které se v rozpoznávání mohou lišit a nemusí udávat stejné výsledky.

Holmqvist a kol. (2011) ve své knize rozdělil jako hlavní vizualizační prostředky Attention Maps, ScanPath a Analýzy AOI. Attention Maps, nejčastěji reprezentovány pomocí HeatMaps (teplotní mapa), zobrazují naměřená data v závislosti převážně na umístění fixací s tím, že nejsledovanější místa jsou zbarvena do červena a naopak místa, kam se uživatelé nedívali, jsou plně viditelná. ScanPath, nebo se též používá výraz GazePlot, tvoří trajektorie složené z fixací a sakád. Sakády propojují v posloupnosti fixace, které jsou velikostně odstupňovány podle délky trvání pohledu. Při analyzování vytvořených AOI lze počítat například celkový čas strávený v konkrétních AOI, pořadí, ve kterém byly postupně navštěvovány, doba, která uplynula od prvního pohledu. Tyto informace lze zobrazit buď přímo nad sledovanou mapou a nad ní vytvořenými AOI, nebo pomocí nástroje AOI Sequence Chart, který u každého uživatele zobrazí na časové

ose místa, kam se díval, tedy v případě, že pohled směřoval od některé z vytvořených AOI, tak se to náležitě barevně, v souladu s legendou, projeví na časové ose.

Využitím eye-trackingu v kartografii se v české literatuře zabýval Stanislav Popelka, Alžběta Brychtová a Vít Voženílek z Katedry geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci, v článku Eye-tracking a jeho využití při hodnocení map. Tento příspěvek se zaměřuje na hodnocení možnosti využití eye-trackingu při tvorbě map. Součástí je také seznámení s technologií eye-trackingu, fyziologií oka, principy snímání pohybu očí, možnostmi vizualizace a historií využití, které bylo ze začátku převážně vojenské.

Další částí článku je hodnocení možnosti využití eye-trackingu v kartografii, konkrétně při tvorbě map. Pomocí monitorování pohledů uživatelů map je možné sledovat a jakoby nahlédnout do mysli respondenta, kam se například v rámci mapy díval déle či kratce, co ho na mapě zaujalo, nebo kde se zdržel při delším čtení nejasných informací. Na základě toho by mělo jít hodnotit kompozici stávajících vydávaných děl a podle zjištěných údajů případně upravit potřebné mapové prvky tak, aby byly pro konkrétní uživatele map přehlednější a mohli tak mapy využívat efektivněji.

V závěru práce autoři hodnotí stávající možnosti využití hodnocení kartografických děl pomocí eye-trackingu a možné vyhlídky a příležitosti, jak pokračovat v tomto nastoleném směru, kdy může dále docházet k testování třeba některých dříve pouze empiricky podložených kartografických pravidel či úsudků (Popelka a kol, 2012a).

3.3 Eye-tracking studie zaměřené na typologii uživatelů

Možnost využití eye-trackingu je testováno v různých odvětvích, často v marketingu a optimalizaci designu reklam, a vědy blízké kartografii nejsou žádnou výjimkou. Bylo již provedeno mnoho studií, které se zaměřovaly ať už na zkoumání samotných stimulů, map, tak na analýzu chování testovaných respondentů. Mnoho experimentů je zaměřeno na nalezení rozdílů mezi skupinami, které zastupují laici a experti zvolené problematiky, nebo se také porovnávají ženy s muži.

3.3.1 Porovnání pohybu očí – expert a laik

Pro potřeby oboru kartografie se často používá srovnání expert – laik, kdy se testují osoby, které absolvovaly vzdělání zaměřené na kartografii, a pak lidé, kteří takovéto studium nepodstoupili. Tento příklad z kartografie ovšem zdaleka není jediné využití tohoto formátu. V mnoha jiných oblastech jsou významné rozdíly v pohledu zkušených uživatelů oproti těm, kteří nemají dostatečný přehled, povědomí nebo zkušenosti se zvolenými úlohami. Je mnoho profesí, kde během jejich provádění je nezbytné vědět, jak a kam se dívat. Například při hodnocení rentgenových snímků ve zdravotnictví by jistě byly značné rozdíly při pohledu zkušeného doktora a čerstvého absolventa medicíny. Pomocí eye-trackingu by tedy mohli méně zkušené osoby nahlédnout a něco si odnést z toho, když by věděly, kam přesně se dívají zdatní lékaři s mnoha lety sbírání zkušeností.

Berrin Dogusoy z Middle East Technical University v Ankaře na konferenci v Barceloně uvedla příspěvek s názvem Experts' & Novices' Concept Map Formation Process: An Eye-Tracking Study. V rámci této práce se pokoušela prozkoumat proces tvorby konceptu mapy v závislosti na tom, zda mapu tvořili odborníci nebo začátečníci. Testu se zúčastnila skupina začátečníků, 75 vyučujících a 5 odborníků. Data byla sbírána pomocí otevřeného dotazníku, retrospektivního přehledu a měření pomocí eye-trackingu. Jak autorka zmiňuje, předběžné výsledky ukazovaly, že účastníci měli tendenci postupovat v logickém přístupu tvorby a v pojetí strategie vytváření map bylo možné nalézt určité vzory při samotné tvorbě. Jak je zmíněno výše, tato práce vznikla v roce 2010, ale bohužel se nepodařilo nalézt další užitečné informace poskytující více než jen předběžné výsledky zkoumání (Dogusoy, 2010).

Kristien Ooms uskutečnila experiment, který zkoumal měření času potřebného na odpověď v rámci úlohy a pohyby očí, za účelem náhledu do procesu zkoumání dynamických a interaktivních map uživateli.

Součástí měření, kterého se zúčastnili experti (kartografové) a laici, bylo 20 map, které byly v náhodném pořadí ukazovány respondentům a které měli prozkoumat. Z přehledu o provedených akcích, ať už se jednalo o pohledy uživatelů nebo použití tlačítek, vyplývá, že obě skupiny vykazovaly podobné časové intervaly potřebné k vyhledání zadaných popisů. Na základě těchto informací o vyžadovaných poznávacích

procesech uživatelů je možno odvodit například informace o efektu učení a využití pracovní paměti testovaných osob. Navíc čas odpovědi ukázal, že experti byli významně rychlejší v hledání popisů v mapách. Toto je více popsáno pomocí metrik pohybu očí. Experti měli významně kratší fixace a více fixací za sekundu, což znamenalo, že se dokázali zorientovat ve větší části mapy za stejnou dobu. Proto v důsledku dokázali lokalizovat objekty v mapě efektivněji a rychleji (Ooms a kol., 2012).

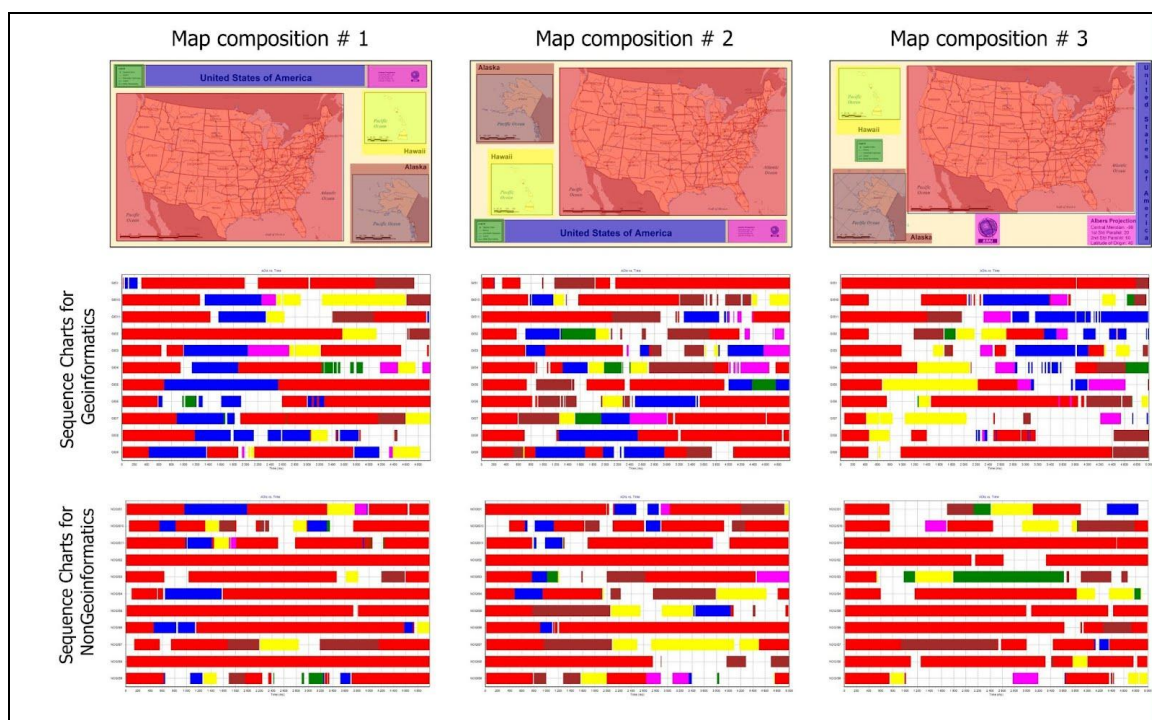
V rámci belgické Univerzity v Gentu prováděla Lien Dupont a Veerle Van Eetvelde experiment jehož cílem byla snaha zhodnotit rozdíly mezi zastavěnou a přírodní krajinou, které byly reprezentovány sadou fotografií různých krajin – od průmyslového po venkovské prostředí Flander v Belgii. Dalším cílem práce byla snaha o srovnání přístupu a hodnocení mezi dvěma skupinami testovaných respondentů – expertů, v tomto případě krajinářů, a laiků, pro které bylo zkoumané téma nové.

Postup se skládal z 3 základních částí. Během první byly pořízeny různé snímky zmíněných zkoumaných krajin. Druhá část se skládala z tvorby projektu a testování. Účastnilo se jej okolo 40 respondentů, s tím, že bylo 20 odborníků a 20 laiků. Odborníky byli označeni studenti doktorandského studijního programu nebo ti, kteří měli zakončené studium geografie. Ve druhé skupině se nacházeli studenti, kteří geografii ještě splněnou neměli. Samotný test probíhal tak, že subjekty si bez zadání úkolu prohlížely obrázky krajin, a po měření eye-tracking systémem posléze odpovídali na dotazník, kde hodnotili jednotlivé snímky od přírodní po průmyslovou krajinu. Nakonec byly výstupy experimentu statisticky hodnoceny pro identifikaci významných rozdílů ve vnímání typů krajin na straně jedné a rozdílů mezi odborníky a laiky na straně druhé.

Výsledky studie byly vizualizovány do mapy pomocí fixací a sakád, ze kterých byly ještě dále vytvořeny heat mapy. Studie se tímto celkově zaměřuje na zkoumání krajiny pomocí eye-trackingu a nabízí možnost využití této technologie při tvorbě nového krajinného rázu (Dupont, Van Eetvelde, 2012).

Na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci v rámci předmětu Kartografický projekt proběhl experiment zaměřený na hodnocení rozložení mapové kompozice pomocí eye-trackingu a srovnání orientace v mapě mezi kartografy a nekartografy. Během testu měli respondenti za úkol prohlížet mapy, které měly stejné mapové prvky a obsah, ale rozdíly byl v jejich velikosti a vzájemné poloze.

Na Obr. 1 lze v prvním řádku vidět příklad 3 rozdílných mapových kompozic, kde každý kartografický prvek je charakterizován stejnou barvou. Ve druhém a třetím řádku je srovnání navštívených oblastí uživateli. Druhý řádek tvoří pohledy kartografů a třetí řádek je složen z nekartografů. Při bližším pohledu lze vidět významné rozdíly v délce pohledů a variabilitě navštívených prvků. Toto může být zapříčiněno právě odlišností mezi skupinami v kartografickém vzdělání, jelikož kartografové mají zažité určité mechanismy prohlížení mapy, kdy se mezi prvními věcmi často podívají na název mapy a prohlédnou si většinu z dostupných prvků v mapě (Popelka a kol., 2012b).



Obr. 1 Srovnání kartografů a nekartografů při změně kompozice mapy

3.3.2 Porovnání pohybu očí – muži a ženy

Rozdílnosti mezi osobami, které podstupují testování pomocí eye-trackingu, nemusí být dány skutečností, že je některá expert nebo laik. Odlišnosti se projevují již mezi samotnými muži a ženami.

V roce 2009 byl zveřejněn článek Sex Differences in Infants' Visual Interest in Toys popisující experiment, a který se zaměřil na zkoumání hypotézy, že rozdíly mezi oběma pohlavími jsou z určité části vrozené než dány jen vlivem výchovy a prostředím. Test byl

prováděn na 30 dětech ve věkovém rozmezí od 3 do 8 měsíců, tedy v období, kdy ještě nejsou naplno projeveny rozdíly ve výchově mezi dívkami a chlapci.

Eye-tracking byl zvolen jako vhodná metoda k přesné indikaci zájmu dětí. Testování bylo postaveno na tom, že se dětem ukazovaly hračky typické pro jedno i druhé pohlaví. Jednalo se tedy o autíčka a panenky. U dívek byl zdokumentován větší zájem o panenku a u chlapečků se objevoval daleko větší počet fixací u autíčka. Výsledky tohoto zkoumání naznačují, že konceptuální rozdělení na dívčí a chlapecké hračky a jejich výběr je ovlivněno spíše rozdíly mezi samotnými pohlavními než mezi výběrem na základě funkcí jednotlivých objektů. Existence těchto vrozených preferencí hraček je zdokumentována jako jeden z nejstarších projevů vázaných na rozdílnosti mezi pohlavími (Alexander, Wilcox, Woods, 2009).

4 MOŽNOSTI MĚŘENÍ A ANALÝZY EYE-TRACKINGU

Existuje mnoho způsobů, jak přistupovat k datům získaným z eye-trackingu. Jednou z nejsnazších možností, jak s daty naložit, je pouhé vykreslení pomocí Attention Maps nebo ScanPaths nad podkladovým snímkem. Toto může být jistě pro mnohé pozorovatele atraktivní, ovšem je to pouze základní využití potenciálu získaných dat. Z dalších možností lze vybrat práce s charakteristickými metrikami, které mohou posloužit jako základ statistickým analýzám při stanovení hypotéz a porovnávání, dále nadefinování AOI a analýzy s nimi spojené nebo třeba také přímo analýzy trajektorií pohledů, ScanPaths. Výsledky těchto analýz mohou posloužit daleko více než jen jako zajímavý grafický výstup.

4.1 Metriky

V rámci experimentů vytvořených pomocí eye-tracking technologie je možné využívat nejen vizuální výstupy v podobně například ScanPaths a HeatMaps, ale při určitých zkoumáních je zapotřebí založit hodnocení a srovnávání na absolutních údajích zjištěných z proběhnutých měření. Někdy opravdu není důležité vědět, kam se uživatelé dívají nejčastěji, což je možné pozorovat právě z Heatmaps, ale může být užitečné využít i jiné změřené výsledky, jako je například celková doba zkoumání a počet fixací. Níže jsou uvedeny tři nejčastější používané metriky, z mnoha využitelných.

Fixation count – Počet fixací – udává celkový počet fixací, které byly zaznamenány ve zvolených AOI. Může posloužit k určení zajímavosti nebo složitosti, když bylo například potřeba více fixací.

Fixation duration – Délka fixací – určení celkového času fixací, které proběhly v rámci dané AOI. Vzniká součtem doby všech zmíněných fixací a je využitelná při celkovém srovnání doby, kterou uživatelé nad jednotlivými AOI strávili.

Dwell time – Délka pozorování – čas pohledu nad AOI. Je možné zahrnout buď jenom čas fixací nebo celkový čas strávený v určité AOI (Eye Tracking Metrics in Tobii Studio, 2013).

4.2 Statistické metody a hypotézy

Pomocí výše zmíněných charakteristických metrik je možné statisticky vyhodnocovat eye-tracking data.

Příkladem může být situace, kdy se nedodrží kartografické pravidla a na jednom z testovaných snímků bude vytvořena legenda, která bude pravidla porušovat, nebude vhodně seřazená a nebude dodržovat rozdělení mezi plošnými, liniiovými a bodovými znaky. Jako nezávislá proměnná je zvolena správnost legendy a závislými proměnnými mohou být například délka fixací nebo celkový čas řešení úlohy, které by právě mohly indikovat změny ve čtení mapy a její legendy. Tvrzení pro nulovou hypotézu je možno tedy zvolit tak, že dodržení kartografických pravidel při tvorbě legendy nemá vliv na zmíněné charakteristiky jako je například délka fixací.

Pro statistické zpracování a hodnocení je nezbytné provést veškeré potřebné náležitosti dané problematikou testování statistických hypotéz, jako je otestování normality dat, výběr vhodného statistického testu a správné vyhodnocení. Analýza zvolených metrik pomocí statistiky je jednou z možností jak zpracovat a využít data naměřená eye-trackingem (Testování statistických hypotéz – Wikipedie, 2013).

5 SCANPATH COMPARISON

ScanPath comparison, nebo také porovnání trajektorií pohledů, je založeno na srovnání průběhu pohledů respondentů. Nejčastěji využívanými metodami je porovnávání pomocí Levenshteinovy vzdálenosti a Attention map. V rámci diplomové práce je převážně využívána první metoda založena na hodnocení podobnosti pomocí Levenshteinovy vzdálenosti. Tento přístup je detailněji zmíněn v kapitole 5.1.4 EyePatterns.

Možnou alternativou ke dvěma zmíněným řešením se zabývala Jarodzka. Zkoumala multidimenzionální přístup a povedlo se jí vyvinout nový způsob hodnocení podobnosti. Oproti dvěma zmíněným způsobům, tento pracuje nejen s průběhem pohledu, ale pracuje také s délkami a počty fixací. Nevýhodou této metody je ovšem fakt, že dokáže srovnat pouze dva pohledy, což způsobuje, že při více než dvou testovaných osobám je nepoužitelná.

Pomocí zmíněné metody jsou scanpaths brány jako řady geometrických vektorů a jsou časově srovnávány přes několik dimenzí, jako jsou tvar, pozice fixace, délka, směr a délka fixace. Tento přístup nabízí komplexnější pohled na to, jak jsou si 2 pohledy podobné (Jarodzka, Holmqvist, Nyström, 2010).

Aplikací nového multidimenzionálního přístupu Jarodzky se zabýval Foulsham v práci, která se zaměřila na srovnání změny pohledu při řešení úloh vyžadující obrazovou paměť. Experimentu se zúčastnilo 21 studentů, kterým bylo v první fázi řečeno, že si mají zkusit zapamatovat předkládané snímky krajiny, budov nebo interiérů. Prezentováno bylo 45 snímků v náhodném pořadí, s tím, že každý se objevil pouze na 3 sekundy. Ve druhé fázi se zobrazovalo 45 dříve zmíněných obrázků a 45 nových, opět v náhodném pořadí. Respondenti měli za úkol určit, zda snímek již v první fázi viděli. Srovnání bylo tvořeno pomocí metody MultiMatch, která kvantifikuje podobnosti scanpath dle různých kritérií, tedy ve více dimenzích. Během testu byly zkoumány hlavně změny mezi celkovým tvarem pohledů, délky pohledů, rozdíly v úhlech, vzdálenosti mezi pozicemi fixací a rozdíly v trvání fixací.

Výsledky s použitím nové srovnávací metody potvrdily, že individuální pohledy vytvořené během druhé fáze se více podobaly pohledu stejné osoby během fáze první,

než pohledům jiných osob na stejný obrázek. Třetím cílem se stalo výsledné zhodnocení algoritmu MultiMatch jako přípustnou a použitelnou metodu. Algoritmus sladil scanpathy podle pořadí vektorů a našel větší podobnosti v rámci hodnocení samotných respondentů. Jednotliví účastníci projevili tendence k vytváření podobných sekvencí sakád i fixací.

Výsledkem studie bylo ověření možnosti využít vícedimenzionální algoritmus MultiMatch a srovnání, že když se uživatelé dívali podruhé na stejný snímek, tak projevili více podobností při prohlížení, než při porovnání pohledů více účastníků na jeden stejný obrázek nebo na více jiných (Foulsham a kol., 2012).

V praktické části diplomové práce bylo při hodnocení využito analýzy podobnosti na základě Levenshteinovy vzdálenosti. Jak uvádí Foulsham a kol. (2012), je tato metoda nejpoužívanější. Výpočet Levenshteinovy vzdálenosti je založen na srovnání sekvencí písmen, které reprezentují navštívené AOI během pohledu. Je tedy nezbytné pro tento postup vytvořit vhodné AOI oblasti. Druhý využitý přístup analyzování zastupuje Route algoritmus programu CommonGIS. Route algoritmus je založený na výpočtech z trajektorií. Ty je možné získat na základě známých fixací.

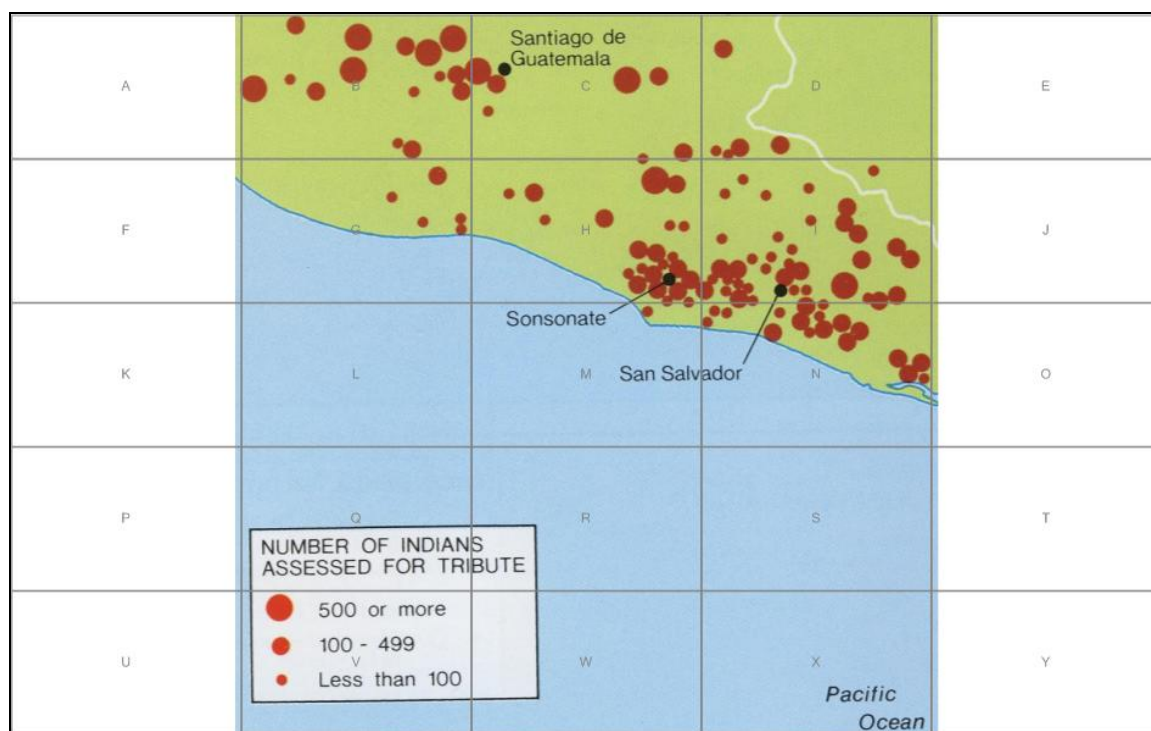
5.1 Analýzy spojené s AOI

V případech, kdy jsou známé oblasti, které by mohly uživatele zaujmout nebo je požadované zahrnutí určité části snímku do následných analýz, je vhodné si vytvořit AOI a využít výstupy k těmto oblastem vztažené. Na výběr jsou varianty automatického vytvoření pravidelné sítě nebo manuální zpracování a tvorba dle individuálních požadavků a potřeb. Oba tyto způsoby je možné využít v rámci softwaru **OGAMA**, ve kterém probíhalo zpracování získaných dat. Jak bylo zmíněno výše, je možné AOI využít při analýzách metrik, ovšem lze je využít také i jinými způsoby. Je možné díky nim analyzovat podobnosti mezi uživateli. Slouží k tomu srovnání přehledu nebo sekvencí míst, kam se respondenti dívali.

5.1.1 Pravidelná síť AOI

Nejjednodušší variantou, jak si vytvořit AOI, je nechat si automaticky vygenerovat grid, zpravidla obdélníkovou síť, pomocí které bude pokryt celý zkoumaný snímek stejně velkými oblastmi. Příklad jde vidět na Obr. 2, kde byla využita síť 5 krát 5 obdélníků s tím, že každý z nich je vždy pro svou jedinečnou identifikaci označen. V tomto případě

písmeny abecedy od A po Y. Výhodou použití tohoto pravidelného gridu je jednoduchost a nenáročnost při vytváření. Hlavní nevýhodou je ovšem fakt, že málokdy takto vytvořené pravidelné AOI definují požadované oblasti tak, aby je bylo možné dostatečně využít. Ve většině případů dochází k tomu, že obdélníky vůbec nevyhovují a ani nemohou korespondovat s podkladovým snímkem, tudíž je kvůli vyšším nárokům využití této metody minimální. V diplomové práci tedy nebyla tato možnost využita.



Obr. 2 Snímek s obdélníkovou sítí AOI

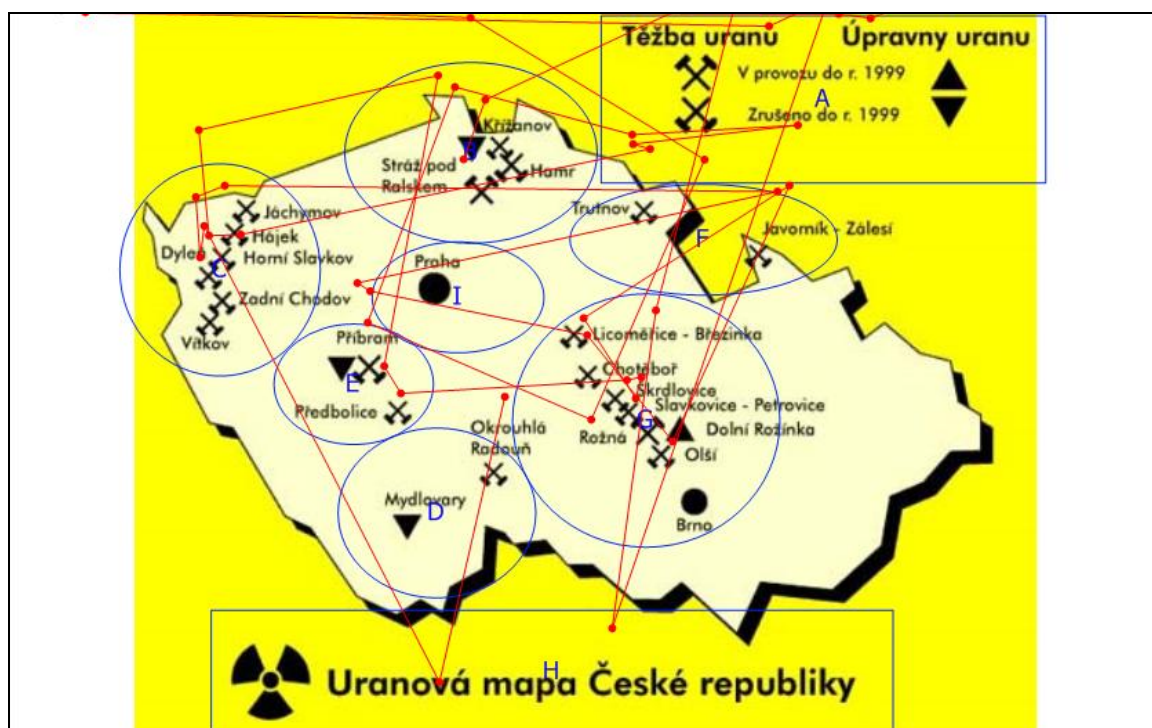
5.1.2 Uživatelsky definované AOI

Manuální definování AOI je oproti předchozí variantě automatické tvorby gridu zdlouhavější a celkově náročnější, přesto je daleko přesnější a použitelnější než předchozí příklad. Nespornou výhodou je zmiňovaný fakt, že si lze vytvořit přesně ohraničené a umístěné AOI tak, aby vyhovovaly zvoleným oblastem na podkladovém obrázku. Tato metoda definování potřebných oblastí byla vybrána jako adekvátní a vhodná pro potřeby této diplomové práce. Také v tomto případě se vytvořené AOI automaticky označují pomocí písmen abecedy od A. Při volbě tohoto způsobu je ovšem potřeba dát si pozor na jednu důležitou věc, kterou je skutečnost, že fixace by měla spadat pouze do jedné AOI, tudíž se nesmí překrývat, aby nevznikaly duplicity a případné jiné nejasnosti.

5.1.3 Loci similarity a Sequence similarity

Předchozí podkapitoly popisovaly vytvoření AOI a zmínily jejich značení pomocí písmen abecedy. Na základě takto označených AOI je možné automaticky sestavit řetězce, které jsou složeny z písmen reprezentující vytvořené oblasti, kam se uživatel díval. Například na základě Obr. 3 vznikla pro některou z testovaných osob následující sekvence:

GBBAAHGAGBAAAACCBEEGGGGGGCCCCCH



Obr. 3 Snímek s uživatelsky definovanými AOI

Program OGAMA sám o sobě poskytuje možnost analýzy vzniklých sekvencí pomocí Loci similarity a Sequence similarity. Oba tyto algoritmy pracují na základě stejné sekvence navštívených AOI, ale jak bude popsáno níže, jejich přístup je značně odlišný.

Loci similarity – tato metoda využívá jako vstupní data vzniklou sekvenci, ale fakticky není důležité pořadí, v jakém se písmena reprezentující AOI vyskytují. Tento postup je zajímavý v případě, že není důležité pořadí, ale stačí přehled o vytvořených oblastech, kam se respondenti dívali, jelikož analýza je postavena na vytvoření určitého seznamu výskytu navštívených AOI. Takže pokud budeme zkoumat zmíněnou sekvenci, která vychází z Obr. 3, tak u ní bude důležitý výčet navštívených míst – A, B, C, E, G, H.

Do úplného přehledu 9 vyznačených oblastí schází D, F a I. Přehledy navštívených AOI se srovnávají a vznikají například procentuální podobnosti mezi uživateli.

Sequence similarity – u této metody, na rozdíl od Loci similarity, je již nezbytné brát do úvahy pořadí, v jakém byly AOI navštíveny. Jde o srovnání posloupnosti řetězce a vyjádření podobnosti postupu v rámci definovaných oblastí. Pro analýzy Sequence similarity byla hlavně využita aplikace eyePatterns, která je popsána hlavně v následující podkapitole.

5.1.4 EyePatterns

Aplikace eyePatterns je využívána pro hledání podobností a stejných úseků v sekvencích navštívených AOI. Základem je vložení získaných sekvencí, k jejichž vytvoření posloužila OGAMA a výstup Sequence similarity, a k pozdějším analýzám potřebné charakteristiky respondentů. Do eyePatterns se zadal například následující řetězec:

```
GBBAAHGAGBAAAACCBEEGGGGGGCCCCCH
```

Aplikace si na základě eliminace opakování stejných písmen za sebou vytvoří zkrácenou sekvenci (Collapsed sequence), která tak jakoby ignoruje počet fixací v rámci stejné oblasti. Zkrácená sekvence vypadá tedy následovně:

```
GBAHGAGBACBEGCH
```

Když jsou data vložena a vše potřebné připraveno, je možno provést zhodnocení podobnosti mezi jednotlivými sekvencemi.

Na výběr je nastavení z 3 možností:

1. Default scoring scheme (Standardní hodnocení)
2. Basic scoring scheme (Základní hodnocení)
3. Scoring matrix (Hodnocení pomocí matice)

Default scoring scheme je od dvou zbývajících možností odlišné, protože na rozdíl od 2. a 3. varianty neuvádí, jak jsou sekvence podobné, ale v tomto případě jak jsou od sebe odlišné. Takže hodnota 0 znamená, že jsou sekvence identické, a čím je hodnota větší, tím rozdílnější sekvence jsou. Základem této metody je Levenshteinova vzdálenost, která je založena na celkovém počtu operací, představujících změny řetězců tak, aby se

shodovaly. Mezi operace lze v tomto případě zařadit vložení, smazání nebo nahrazení znaku.

Pro snadné pochopení slouží následující příklad, kdy pomocí 3 kroků dojdeme ke změně slova „kotva“ na slovo „tovar“:

Kotva – Kova (odebrání T)

Kova – Tova (změna K na T)

Tova – Tovar (přidání R)

Basic scoring scheme uvádí podobnost, takže čím větší hodnota, tím více jsou si sekvence podobné. Zdrojem rozhodování je algoritmus Needleman-Wunsch, který vyhodnocuje jednotlivé části sekvencí a jejich podobnosti. Vstupem jsou sekvence stejné délky, kterých lze docílit srovnáním pomocí mezer, a zadané ohodnocení, které porovnává, zda jednotlivé části sekvence jsou stejné, rozdílné nebo se na daném místě nachází mezera. Základem může být hodnocení 1 za shodu, -1 za neshodu a 0 za mezeru, z čehož tedy plyne, že čím vyšší hodnota výsledku, tím je větší podobnost sekvencí. Příklad naznačuje srovnávání stejných, odlišných a chybějících písmen:

```
BLLBLBNLLBLBNLLFBLFB---LFFLLLLFFFNB
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
BLLBNBNLFBLBNLFFBLFBNNLFFLLLLFFFNB
```

Scoring matrix umožňuje nadefinování hodnot za shody, mezery a změny a také hodnoty za záměnu dvou konkrétních AOI. Toho lze využít v případě, že některé AOI jsou prostorově k sobě blíže umístěné a jejich záměna nemá takový celkový vliv na sekvenci, jako by mělo prohození prostorově více vzdálených AOI. V tomto případě využití hodnocení pomocí matice je také potřeba takovou matici nahrát z předem připraveného textového souboru. Jejím obsahem je přehled použitých AOI a jejich vzájemná interakce označující ohodnocení záměny mezi nimi.

Příkladem může být následující matice, kde je nastavena záměna N a L jako shoda:

	N	L	B	F	*
N	1	1	-1	-1	0
L	1	1	-1	-1	0
B	-1	-1	1	-1	0
F	-1	-1	-1	1	0
*	0	0	0	0	0

Výsledkem analýzy za použití některé z těchto metod, je matice hodnotící vzájemné podobnosti jednotlivých sekvencí, respektive pohledů uživatelů, na základě které je vytvořen shluk znázorňující svou prostorovou polohou podobnost mezi uživateli. Na Obr. 4 je vidět část matice, která vznikla na základě Default scoring scheme, tudíž čím nižší číslo, tím větší podobnost mezi uživateli. Nejmenší hodnota a tedy největší podobnost lze pozorovat mezi osobami S1 a S20.

Similarity discovery											
Search within sequences S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20, S21											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S1	-	14.0	14.0	41.0	12.0	24.0	37.0	10.0	30.0	45.0	10.0
S2	14.0	-	16.0	38.0	16.0	23.0	34.0	15.0	25.0	39.0	18.0
S3	14.0	16.0	-	38.0	14.0	23.0	36.0	15.0	29.0	41.0	15.0
S4	41.0	38.0	38.0	-	38.0	35.0	32.0	40.0	33.0	38.0	40.0
S5	12.0	16.0	14.0	38.0	-	24.0	37.0	15.0	27.0	45.0	11.0
S6	24.0	23.0	23.0	35.0	24.0	-	33.0	24.0	24.0	38.0	29.0
S7	37.0	34.0	36.0	32.0	37.0	33.0	-	38.0	30.0	42.0	40.0
S8	10.0	15.0	15.0	40.0	15.0	24.0	38.0	-	29.0	45.0	14.0
S9	30.0	25.0	29.0	33.0	27.0	24.0	30.0	29.0	-	37.0	31.0
S10	45.0	39.0	41.0	38.0	45.0	38.0	42.0	45.0	37.0	-	46.0
S11	10.0	18.0	15.0	40.0	11.0	29.0	40.0	14.0	31.0	46.0	-
S13	15.0	18.0	15.0	37.0	14.0	27.0	33.0	15.0	25.0	37.0	14.0
S14	27.0	26.0	25.0	35.0	29.0	31.0	33.0	25.0	28.0	39.0	31.0
S15	27.0	26.0	25.0	31.0	25.0	28.0	28.0	28.0	31.0	40.0	24.0
S16	44.0	37.0	41.0	42.0	41.0	38.0	41.0	39.0	36.0	40.0	47.0
S17	37.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	31.0	37.0	31.0	37.0	37.0
S18	35.0	32.0	30.0	30.0	31.0	31.0	33.0	36.0	31.0	39.0	35.0
S19	45.0	41.0	43.0	38.0	43.0	40.0	39.0	42.0	33.0	42.0	46.0
S20	9.0	13.0	13.0	39.0	11.0	23.0	35.0	15.0	27.0	39.0	14.0
S21	20.0	22.0	20.0	33.0	21.0	22.0	29.0	21.0	20.0	33.0	23.0

Scores shown are the Levenshtein distance between collapsed sequences.

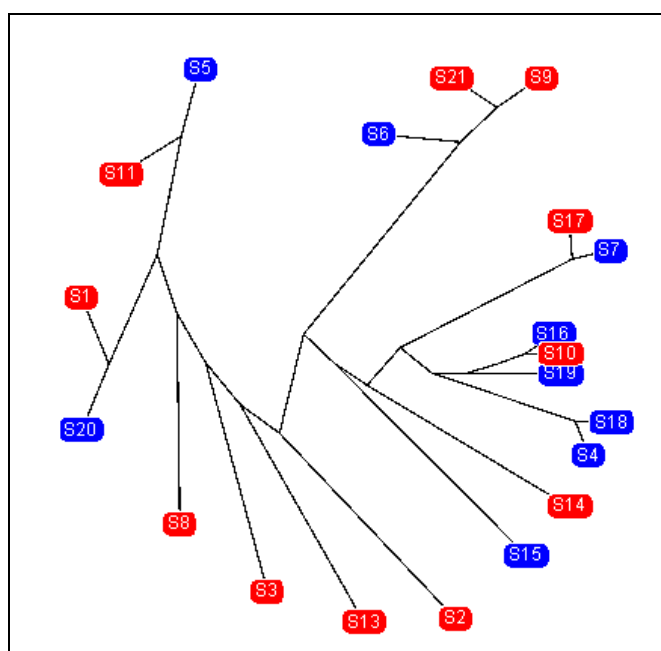
Obr. 4 Ukázka části matice podobnosti uživatelů

Druhá možnost znázornění výsledků analýzy je vidět na Obr. 6, kde dochází k vytvoření shluku/trsu na základě vazeb mezi jednotlivými sekvencemi. Zdrojem je výše zmíněná matice na Obr. 4. Vazby a rozmístění je založeno na Hierarchical Clustering steps (možno vidět na Obr. 5). Tímto postupem se z páru s nejnižším hodnocením vytvoří cluster. Posléze se tvoří další páry, ať už jen mezi samotnými sekvencemi, nebo již také mezi sekvencemi s clusterem či mezi clusterem navzájem. Ale vždy se vytvoří spojení takové, které nabývá nejnižšího hodnocení. Při vykreslování celkového shluku se průběžně tvoří páry od krajů a až v posledním kroku se spojí 2 velké části do jediného výsledného celku.

Hierarchical clustering steps				
Step	Item 1	Item 2	Score	Cluster
1	S20	S1	9.0	C1
2	S11	S5	11.0	C2
3	C1	C2	11.75	C3
4	S8	C3	13.5	C4
5	S3	C4	14.5	C5
6	S13	C5	14.875	C6
7	S2	C6	16.78125	C7
8	S21	S9	20.0	C8
9	S6	C8	23.0	C9
10	C7	C9	23.80859375	C10
11	S15	C10	26.8515625	C11
12	S14	C11	28.1015625	C12
13	S18	S4	30.0	C13
14	S17	S7	31.0	C14
15	C12	C14	31.5908203125	C15
16	C13	C15	32.83740234375	C16
17	S19	C16	37.9921875	C17
18	S16	S10	40.0	C18
19	C17	C18	40.57958984375	C19

Obr. 5 Hierarchical Clustering Steps

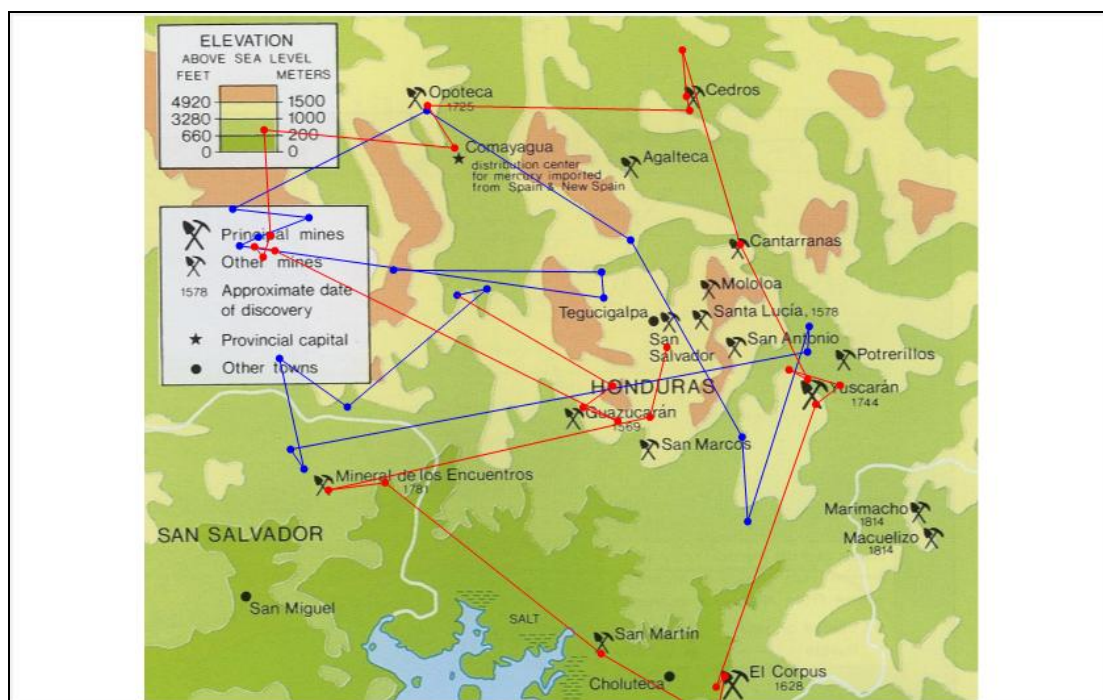
Při pohledu na Obr. 6 lze vidět prostorovou blízkost sekvencí, které si jsou navzájem podobné. Zmiňovaný příklad, kdy z matice vyšla největší podobnost pro uživatele S1 a S20, lze vidět v rámci obrázku na levé části. Barevné rozlišení na modré a červené znázornění sekvence je dáno na základě předem definovaných vlastností. Dle možností, kdy je u sekvencí vyplněno více atributů, lze mezi nimi snadno přepínat a tak měnit zbarvení všech sekvencí (West a kol., 2006).



Obr. 6 Shluk uživatelů na základě Default scoring scheme

5.2 Analýzy trajektorie pohledu

Pro případ, že není vhodné nebo smysluplné využití předchozí metody, kdy se vytvoří AOI, na základě kterých se posléze tvoří analýzy, je možné zvolit jiný přístup. Jednou z možností je použití trajektorie pohledů, které vychází z fixací zaznamenaných v programu OGAMA, jež jsou znázorněny na Obr. 7. Z těchto fixací lze v softwaru **CommonGIS** vytvořit trajektorie, které je možné posléze analyzovat. Konkrétně je využíván nástroj **Path Similarity Analysis**, který využívá zmíněné fixace, posloupnosti mezi nimi a celkovou délku pohledu. Důležitým faktem, který tento nástroj využívá, je to, že pohledy mohou být buď podobné, nebo se mohou lišit v různých aspektech. Například se mohou úplně nebo částečně shodovat v prostoru, mít částečně podobné tvary, mít stejný začátek či konec pohledu, mít současně se podobající nebo časově odlišné, přesto podobné prostorové chování.

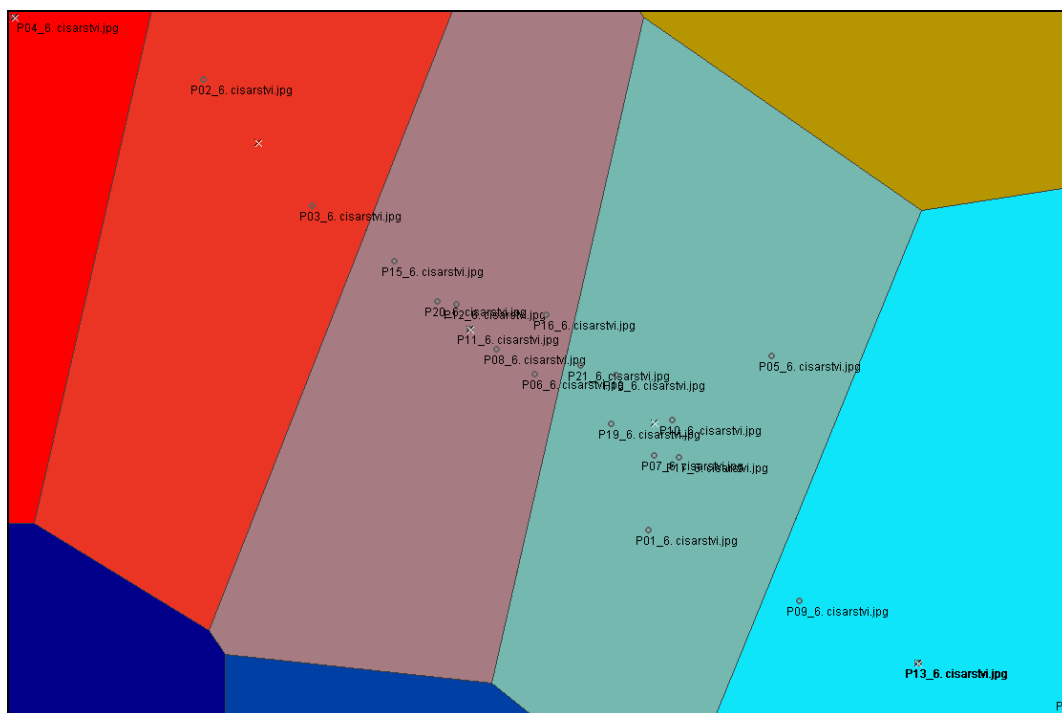


Obr. 7 Trajektorie pohledů dvou uživatelů

Mezi možnostmi, jak provádět analýzu podobnosti, patří výpočet podobnosti všech trajektorií vzhledem k jedné vybrané, například s nejkratším časem, nebo vytvoření hypotetické optimální trajektorie, se kterou se pak všechny ostatní reálné trajektorie srovnávají.

V rámci diplomové práce byl primárně využíván jeden z algoritmů, konkrétně **Common route**. Algoritmus vybrané funkce je založen na tom, že mezi dvěma trajektoriemi průběžně probíhá kontrola hledání nejbližších dvojic poloh bodů. V průběhu kontroly jsou počítány dvě průběžné hodnoty – střední vzdálenost mezi dvěma odpovídajícími si pozicemi a trestná hodnota. Přeskočení pozice zvyšuje trestnou hodnotu, nalezení odpovídající pozice tuto hodnotu sníží. Výsledkem je součet dvou zmíněných průběžných hodnot – střední vzdálenosti a trestné hodnoty (Andrienko a kol., 2007).

Po provedení této analýzy lze podobnosti mezi pohledy uživatelů vizualizovat prostřednictvím Sammonovy projekce, která je znázorněna na Obr. 8. Pomocí této projekce je možné zobrazit podobnosti mezi uživateli tím, že se více dimenzionální rozdělení dat přemění na méně dimenzionální 2D, a lépe nastíní podobnosti mezi jednotlivými pohledy, respektive uživateli (Sammon Projection – CodeProject, 2013).



Obr. 8 Sammonova projekce a rozdělení uživatelů vytvořené v programu CommonGIS

6 ZPRACOVÁNÍ A PROVEDENÍ ANALÝZY

Jak již bylo v předchozích kapitolách naznačeno, během celé práce bylo využito několik různých softwarů, díky kterým bylo prováděno více různorodých postupů a jejich možných přístupů a vizualizací.

6.1 Příprava dat a analýzy v eyePatterns

Data byla získána na základě 3 testování, které proběhla na Katedře geoinformatiky a byla vzhledem ke své vhodnosti a zaměření vybrána jako podklad pro tuto diplomovou práci. Tato testování poskytla údaje o experimentech provedených nad celkem 53 úlohami. Tato data, exportovaná ze softwaru BeGaze™, byla k dispozici v textovém formátu, kdy pro každého respondenta, účastníčího se experimentu, byly v jednom souboru k dispozici naměřené hodnoty pro všechny úlohy. Na Obr. 9 lze vidět obsah exportovaného souboru. Nejdůležitější jsou informace o čase, poloze oka a označení úlohy, ke které se údaje vztahují.

No	Time	Subject	Type	Trial	L Raw X [px]	L Raw Y [px]	L Dia X [px]	L Dia Y [px]	L POR X [px]	L POR Y [px]	Timing	Latency	L Validity	Pupil Confidence	Stimulus
1	5658252582	GIS1	SMP	0	642,42	617,9	9,9	9,9	963,59	229	0	1327	0	1	0.jpg
2	5658259255	GIS1	SMP	0	644,41	617,8	10,05	10,05	824,9	226,03	0	1425	0	1	0.jpg
3	5658272582	GIS1	SMP	1	642,42	617,9	9,9	9,9	963,59	229	0	1327	0	1	04.jpg
4	5658289255	GIS1	SMP	1	644,41	617,8	10,05	10,05	824,9	226,03	0	1425	0	1	04.jpg
5	5658305869	GIS1	SMP	1	645,68	617,78	10,16	10,16	584,45	152,67	0	1323	0	1	04.jpg
6	5658322613	GIS1	SMP	1	645,51	617,73	9,96	9,96	589,81	186,86	0	1418	0	1	04.jpg
7	5658339232	GIS1	SMP	1	645,35	617,79	10,09	10,09	594,67	189,89	0	1374	0	1	04.jpg
8	5658355861	GIS1	SMP	1	645,15	617,79	10,17	10,17	596,66	197,29	0	1455	0	1	04.jpg
9	5658372609	GIS1	SMP	1	645,04	617,77	10,15	10,15	597,12	188,99	0	1351	0	1	04.jpg
10	5658389237	GIS1	SMP	1	645,05	617,76	10,13	10,13	599,27	183,81	0	1443	0	1	04.jpg
11	5658405865	GIS1	SMP	1	645,13	617,83	10,22	10,22	599,39	190,31	0	1329	0	1	04.jpg
12	5658422617	GIS1	SMP	1	645,28	617,82	10,27	10,27	603,54	185,5	0	1463	0	1	04.jpg
13	5658439221	GIS1	SMP	1	645,37	617,86	10,31	10,31	605,27	182,49	0	1261	0	1	04.jpg
14	5658455854	GIS1	SMP	1	645,42	617,87	10,27	10,27	606,14	180,1	0	1478	0	1	04.jpg
15	5658472593	GIS1	SMP	1	645,49	617,87	10,02	10,02	604,64	180,41	0	1366	0	1	04.jpg
16	5658489245	GIS1	SMP	1	645,22	617,98	10,26	10,26	611,1	193,98	0	1420	0	1	04.jpg
17	5658505836	GIS1	SMP	1	642,57	618,28	10,54	10,54	808,9	221,16	0	1238	0	1	04.jpg
18	5658522548	GIS1	SMP	1	641,8	618,51	10,43	10,43	813,73	203,21	0	1407	0	1	04.jpg
19	5658539240	GIS1	SMP	1	641,69	618,41	10,39	10,39	815,33	203,25	0	1319	0	1	04.jpg
20	5658555867	GIS1	SMP	1	641,61	618,32	10,41	10,41	818,23	200,13	0	1438	0	1	04.jpg
21	5658572612	GIS1	SMP	1	641,55	618,32	10,49	10,49	875,16	273,96	0	1334	0	1	04.jpg
22	5658589237	GIS1	SMP	1	641,43	618,28	10,59	10,59	860,87	276,73	0	1436	0	1	04.jpg
23	5658605870	GIS1	SMP	1	641,4	618,17	10,36	10,36	870,5	268,81	0	1333	0	1	04.jpg
24	5658622610	GIS1	SMP	1	641,29	618,28	10,57	10,57	871,33	267,96	0	1428	0	1	04.jpg

Obr. 9 Základní údaje získané z eye-trackingu

Vzhledem k potřebě importu všech těchto dat do programu OGAMA, který je postaven na SQL serveru, bylo potřeba veškerá naměřená data, obsahující informace o 61 uživatelích, upravit v tabulkovém procesoru. Celkově bylo potřeba vytvořit 3 oddělené projekty, které korespondovaly s původními naměřenými experimenty. Tímto

byl program OGAMA naplněn daty a připraven pro další důležité kroky potřebné k následným analýzám.

Pro využití dat v aplikaci eyePatterns bylo nezbytné získat řetězce s navštívenými sekvencemi v rámci pohledu uživatelů. Toho bylo dosaženo manuálním vytvořením oblastí AOI nad všemi mapami použitím **Areas of interest module**. Po zvolení možnosti analýz pomocí nástroje **Levenshtein distance calculation tools** se vytvoří sekvence z navštívených AOI a vytvoří se tabulka podobností mezi uživateli na základě Loci similarity a Sequence similarity. Jak bylo zmíněno v kapitole 5.1.4 EyePatterns, zdrojem analyzovaných řetězců bylo Sequence similarity. Pro každou mapu byl vyexportován funkcí **Export similarity measurements to data sheet** formalizovaný textový soubor, který obsahoval procentuálně vyjádřenou podobnost mezi uživateli a hlavně přehled navštívených AOI, včetně znaků #. Tento křížek symbolizující v řetězci fixaci mimo vytvořené AOI bylo potřeba z každé sekvence odstranit.

Při práci v eyePatterns bylo nezbytné na začátku vytvořit projekt a přes **Edit/View Areas of Interest** nadefinovat pomocí písmen seznam používaných AOI. Během nahrávání sekvencí tlačítkem **Add a Sequence** bylo potřeba ke každému uživateli přidat informace o charakteristikách respondenta. Pro usnadnění práce bylo možné využít hromadné vložení (**Import** a možnost **Sequence**) všech potřebných informací z textového souboru, jehož zápis může vypadat následovně:

> skupina=karto, pohlavi=M, uzivatel=3

FBCABBBBBBBBBBBBBBFFGGGGGEBBKMLIIEEJBKFK

> skupina=Nonkarto, pohlavi=F, uzivatel=4

BFFFBBDDDBBBFFFEIIIIMLLMKPKBBPPPFEHHHHIIIIILMMMMMKPPJPF
FFFFFFEEEEEIOHHIIIIILLMMMMFFFFBPPJPKMMMMMMMLMMIIIIIIIOEEE
FFFEEIIIIII

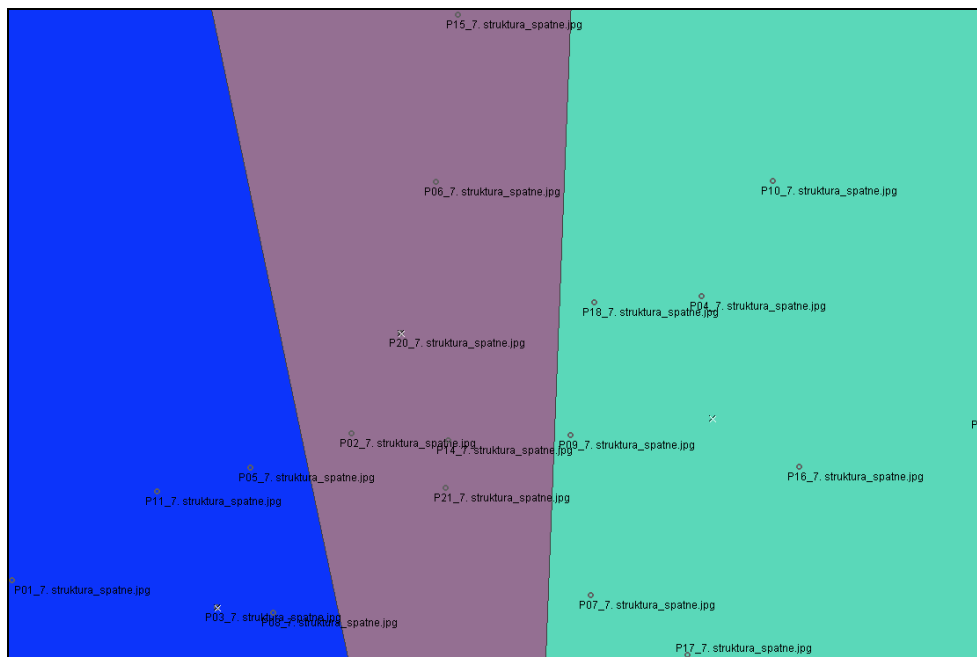
Tímto způsobem byl pro všechny zkoumané úlohy vytvořen projekt s informacemi o sekvenci, pohlaví uživatele a tom, zda absolvoval studium kartografie. V rámci každého projektu byly poté vytvořeny shluky funkcí **Evaluate Similarity Between Sequences** na základě Default scoring scheme zmíněném v kapitole 5.1.4 EyePatterns. Takto vytvořené shluky byly pomocí uložení obrázku shromažďovány k pozdějšímu hodnocení.

6.2 Příprava dat a analýzy v CommonGIS

Pro zpracování a testování druhé metody, srovnání na základě trajektorií, bylo potřeba získat seznam fixací, jejich délku a časovou posloupnost, ze kterých se v CommonGIS vytvoří trajektorie pohledů. Zdrojem těchto informací se stal datový modul programu OGAMA. Data byla exportována a upravena v tabulkovém procesoru a pomocí skriptu, který je součástí práce v Příloze 1 (DVD) a poskytla jej Kristien Ooms z Univerzity v Gentu, byly vytvořeny projekty spustitelné v softwaru CommonGIS. Postup, jak se skriptem pracovat, je také přiložen ke skriptu v Příloze 1 (DVD). V základní vizualizaci jsou nad šedým pozadím zobrazeny všechny trajektorie v projektu. Je tedy potřeba vyfiltrovat pohledy pro konkrétní snímek a ten si pak také zapnout na pozadí. Vybrání trajektorií se provede přes **Tools a Dynamic Query** se poté vybere zvolená mapa, ke které jsou požadovány trajektorie. V tomto případě je možné provést výpočet vzdálenosti mezi jednotlivými prvky trajektorií pomocí **Tools, Similarity analysis** a volbou **Compute matrix of distances among geographical objels**. Posléze je možno pomocí Sammonovy projekce (**Tools, Similarity analysis, Apply Sammon's projection to a pre-computed distance matrix**) zobrazit rozmístění a podobnosti mezi jednotlivými uživateli.

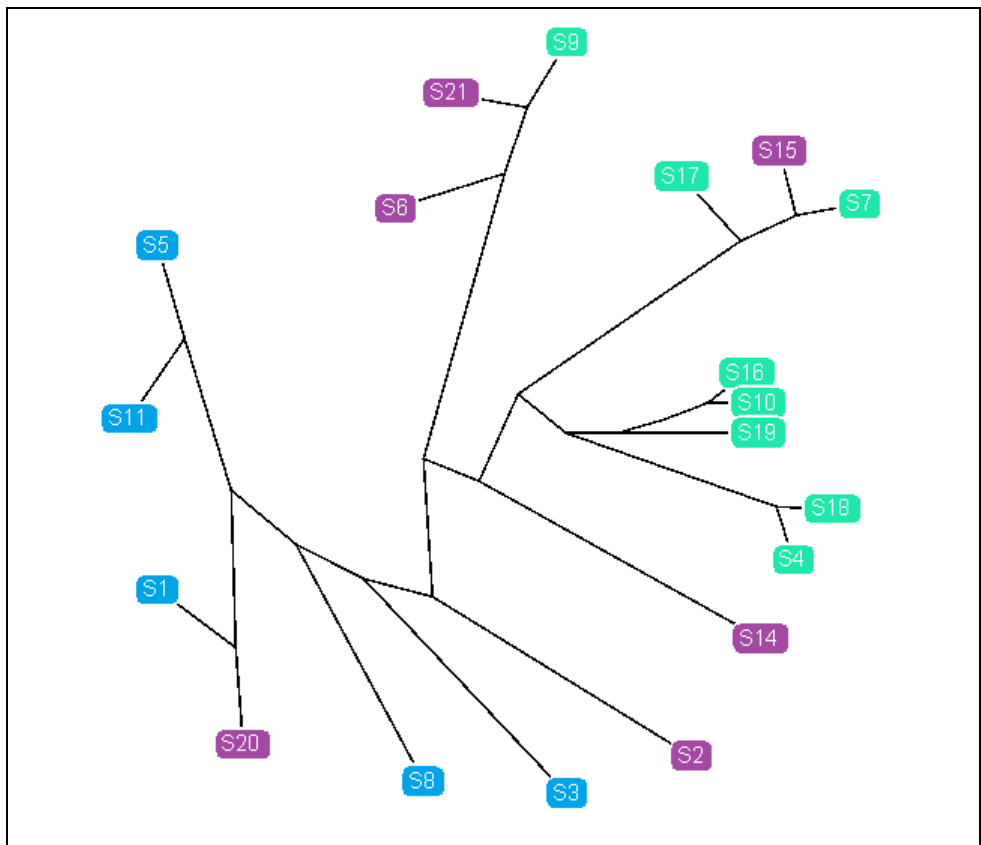
6.3 Srovnání použitých metod

Během práce došlo také na srovnání obou přístupů, ať využití analýzy v eyePatterns nebo CommonGIS, a porovnání výsledků, které poskytují. Vizualizace byla provedena jednoduchým způsobem. Základem byl výsledek analýzy v CommonGIS znázorněný pomocí Sammonovy projekce. Důležitým prvkem bylo rozložení uživatelů a příslušnost ke konkrétní skupině – tedy barvě. Na Obr. 10 lze vidět příklad výsledku v Sammonově projekci, který byl dále srovnáván.



Obr. 10 Sammonova projekce a příslušnosti uživatelů ke kategoriím

Z tohoto obrázku se vzalo v potaz rozdělení uživatelů do skupin. V eyePatterns, který zobrazuje shluk na základě sekvencí navštívených AOI byla upravena barevnost jednotlivých prvků tak, aby odpovídala barevám shluků vzniklých v Sammonově projekci, viz Obr. 10. Modrá kategorie vlevo a zelená vpravo by se daly označit z pohledu podobnosti jako velmi rozdílné. V tomto případě pak fialová určuje přechodné hodnoty, kdy pohledy uživatelů vykazují jisté podobnosti s oběma ostatními kategoriemi. Výsledek těchto úprav a srovnání lze vidět na Obr. 11, kde se nachází v levé části zřetelná koncentrace uživatelů v modré barvě a v pravé části je významný výskyt uživatelů v barvě zelené. Tímto porovnáním obou metod se potvrdilo, že oba přístupy, jak hodnocení pomocí trajektorií, tak pomocí AOI, jsou použitelné a výsledky mohou být srovnatelné. Přesto pro potřeby diplomové práce a možné názornější vizualizace byl zvolen jako vhodnější přístup použití aplikace eyePatterns.



Obr. 11 Graficky upravená vizualizace z eyePatterns – srovnání metod

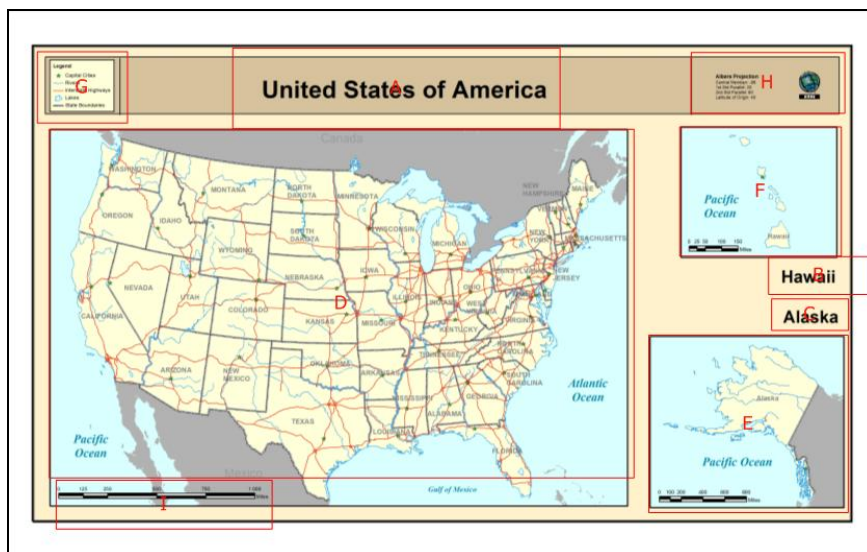
7 VÝSLEDKY

Jak bylo na začátku zmíněno, poslední částí bylo samotné interpretování výsledků analýz a snaha je správně uchopit a vytvořit vhodné úsudky. K hodnocení byly využity shluky vytvořené v rámci aplikace eyePatterns. Vzhledem k situaci, že uživatelé byli dělení a srovnávání hlavně dle charakteristiky příslušnosti k ženskému či mužskému pohlaví nebo absolvování kartografie, byl počet zkoumaných vizualizací shluků větší než samotný celkový počet úloh ve všech experimentech. Po určitých nezbytných úpravách bylo hodnoceno 82 snímků se shluky. 41 shluků srovnávající muže se ženami a 41 shluků porovnání absolventů kartografie s neabsolventy. Během zkoumání shluků a hledání určitých zvýšených lokalizací uživatelů stejné skupiny bylo zjištěno, že by se daly výsledky rozdělit do 3 skupin. První, nejpočetnější skupina, obsahuje shluky, které nejsou z pohledu shlukování a nalezení podobnosti mezi uživateli významné, jelikož obsahuje malé rozdíly mezi skupinami. Druhá skupina obsahuje shluky, ve kterých lze nalézt jisté části, kde se nacházela převaha určité skupiny, ačkoliv ve zbývajících částech bylo rozmístění různorodé. Poslední a zároveň nejmenší skupina obsahuje shluky reprezentující takové postupy, které téměř lze označit jako charakteristické pro obě sledované skupiny respondentů.

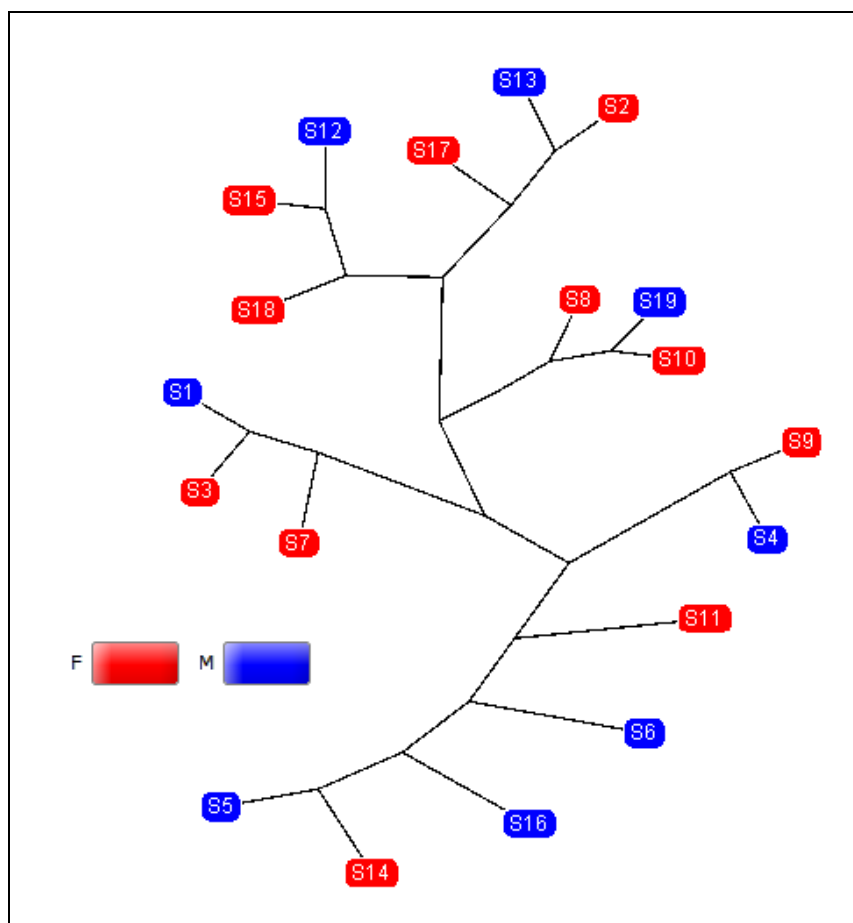
7.1 Minimální rozdíly mezi skupinami

V předchozím textu je zmíněno, že výsledků s malými rozdíly byla většina. V těchto případech se nedařilo nalézt významnější podobnosti v rozmístění uživatelů ve shluku, a tudíž se v rámci skupin nevyskytovala převažující společná řešení.

Příkladem takového shluku může být Obr. 13, kde se v jednotlivých větvích nenachází významná převaha ani jedné či druhé skupiny. Podkladovým snímkem úlohy spojené se zmíněným shlukem byl Obr. 12, kde si měli uživatelé prohlédnout mapu. Výsledky s malými rozdíly se vyskytovaly přibližně u dvou třetin zkoumaných shluků, konkrétně se jednalo o 58 případů. Takto vysoké číslo je zapříčiněno faktem, že obě skupiny volily většinou podobné nebo významně neodlišitelné postupy.



Obr. 12 Podkladový snímek s vyznačenými AOI

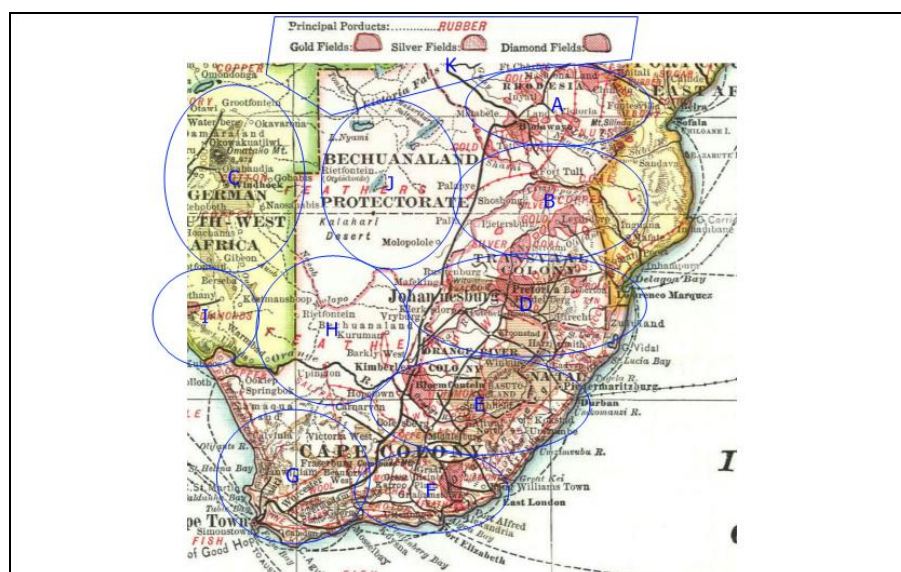


Obr. 13 Shluk srovnávající ženy (červená) a muže (modrá)

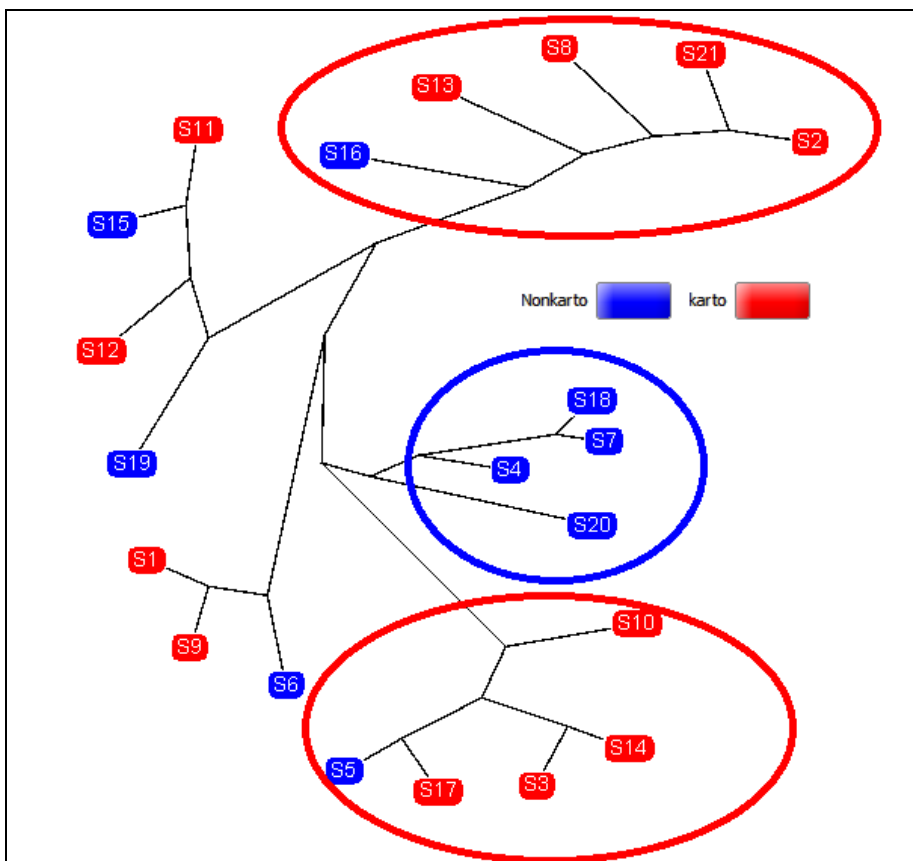
7.2 Částečné podobnosti

Do této kategorie byly zařazeny shluky, ve kterých se v určitých větvích vyskytovala převaha určité skupiny. Tímto se dalo určité řešení úlohy označit za charakteristické pro konkrétní skupinu. Z celkového pohledu ovšem nebylo možné jasně zhodnotit, že jedna část větví náleží první skupině a zbývající větve skupině druhé. V těchto případech se vždy vyskytovaly části, ve kterých nebylo možné identifikovat převahu některé ze skupin. Celkový počet takových případů, v rámci kterých lze nalézt zmíněné rozdělení shluku na části s převahou jedné kategorie a ostatní zbývající nehomogenní, vyšel na počet 22.

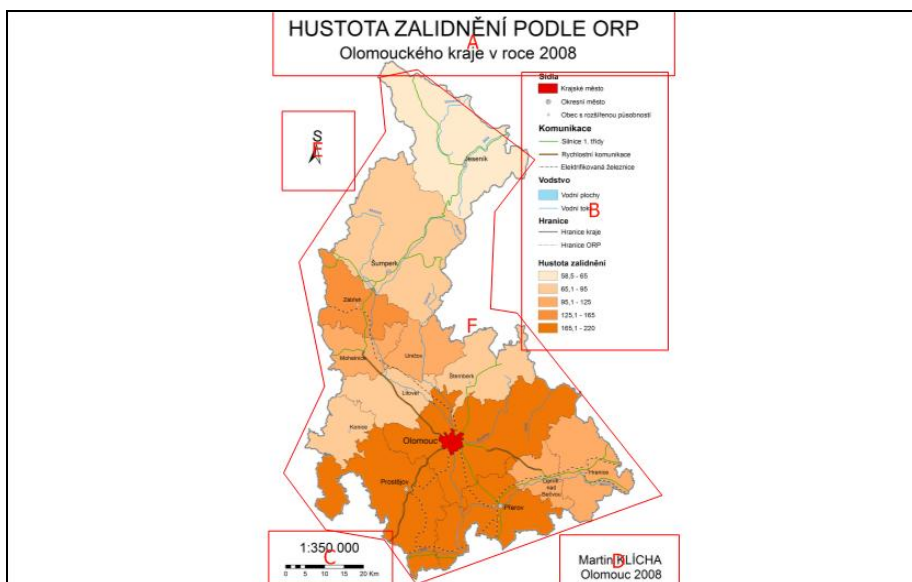
Příklady zmíněných výsledků lze pozorovat na Obr. 15 a Obr. 17, kde jsou vyznačeny barevným ohraničením větve s významnou převládající kategorií v rámci podobného postupu řešení úloh. Jak lze pozorovat u zbytku shluku, rozdělení do kategorií je různorodé a tudíž nejednoznačné. Pro první úlohu byl použit jako podklad Obr. 14, kde bylo potřeba nalézt oblasti s těžbou diamantů, a podkladem druhého měření byl Obr. 16, kde bylo úkolem kliknout v zadaném pořadí na název, tiráž a legendu hustoty zalidnění.



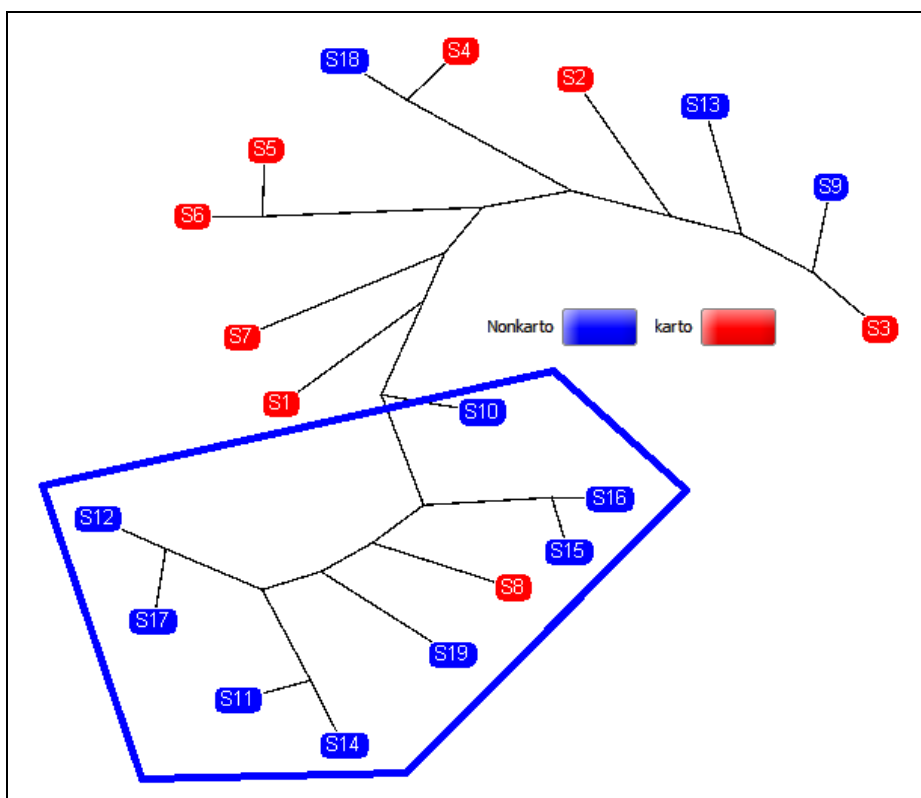
Obr. 14 Snímek s AOI použitý v experimentu zaměřeného na legendu



Obr. 15 Shluk s několika postupy řešení charakteristické pro určité skupiny

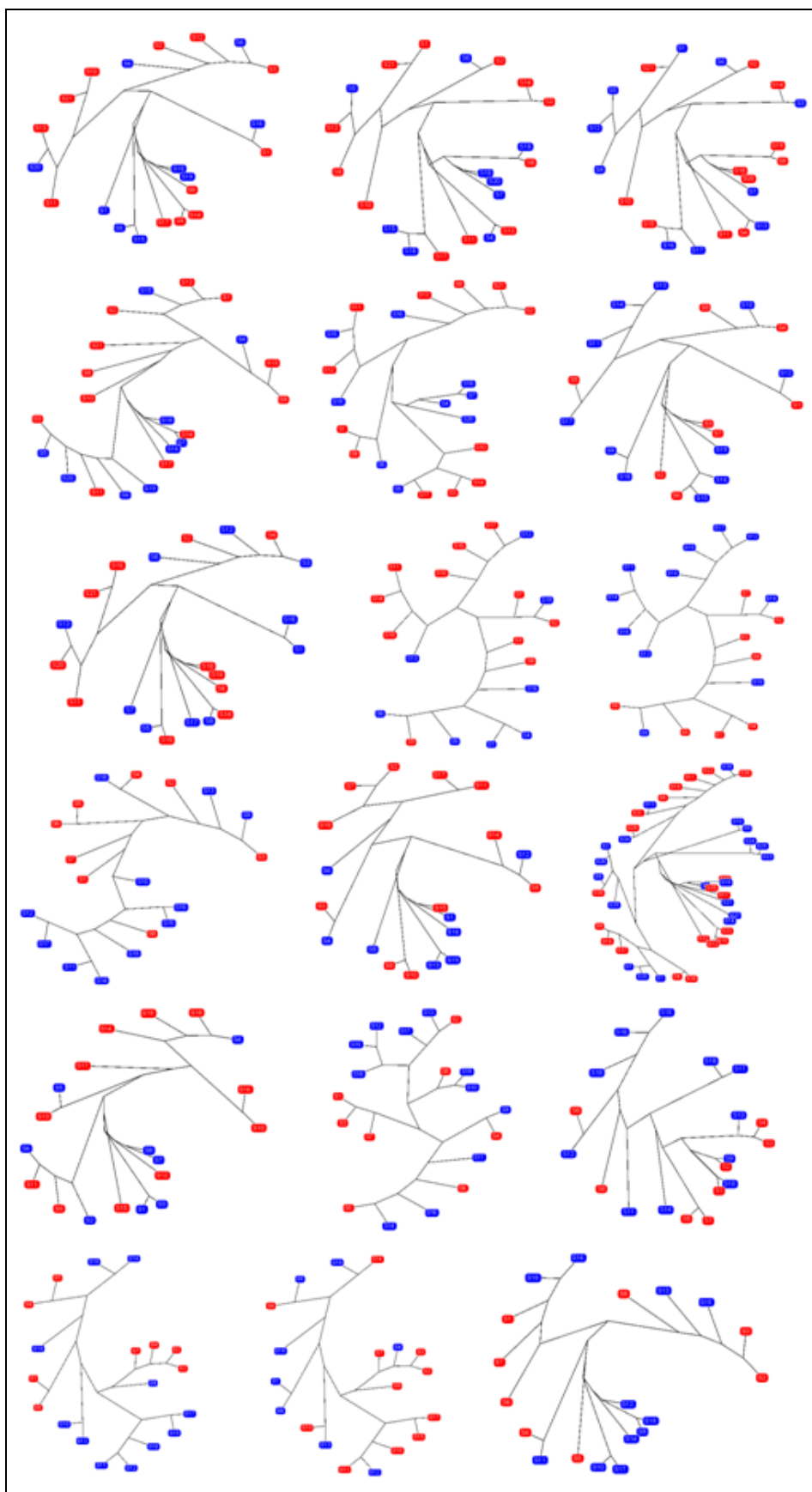


Obr. 16 Mapa s vyznačenými AOI použitá při testování kompozice



Obr. 17 Shluk s jedním řešením úlohy typickým pro nekartografy

Pro větší přehled shluků, které obsahovaly částečné vymezení podobnosti, je na Obr. 18 vytvořena koláž z většiny z 22 shluků v této kategorii. V každém ze shluků lze pozorovat části, kde se nachází převaha jedné či druhé barvy. Tato ukázka je ilustrativní, všechny výsledné shluky jsou k dispozici jakou součástí Přílohy 1 (DVD).



Obr. 18 Koláž shluků s částečnými podobnostmi

7.3 Charakteristické postupy

Tato poslední kategorie, ve které se shluky odlišily barevně na 2 téměř homogenní části, je nejmenší a obsahuje pouze 2 případy. Pro tyto výsledky je významný fakt, že v obou případech se opačné skupiny opravdu téměř ve všech respondentech lišily a vytvořily si pro sebe jakoby charakteristické postupy řešení vybraných úloh.

Rozdíly mezi experty a laiky byly více popsány v rámci kapitoly 3.3.1 Porovnání pohybu očí – expert a laik, kde zvláště na Obr. 1 lze vidět významné rozdíly v pozorování mapy uživateli, kteří se kartografií věnují a mají tak zkušenosti a zažité postupy, jak si mapy prohlížejí.

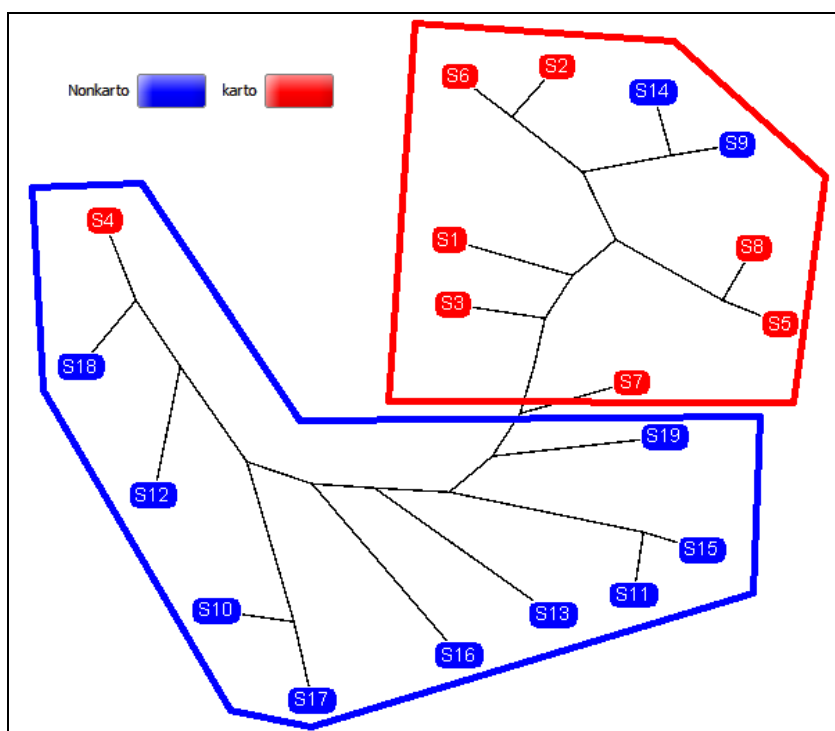
V prvním nalezeném případě byl v rámci experimentu na kompozici testován vliv mapových prvků na orientaci uživatele v mapě. Podkladem se stal Obr. 19. Zadání bylo relativně volné, pouze si mapu prohlédnout.



Obr. 19 Zkoumaný snímek v rámci experimentu zaměřeného na kompozici

Pro analýzu v eyePatterns byly jako AOI zvoleny jednotlivé kompoziční prvky jakými jsou jednotlivá mapová pole, názvy, měřítko, legenda a tiráž. Výsledný shluk, s vyznačeným rozdělením na část převažujících kartografů a nekartografů lze vidět

na Obr. 20. Výsledek v této situaci ukazuje na rozdílný postup zkoumání mapy osobami, které jsou absolventy kartograficky zaměřeného předmětu, oproti těm, kteří tímto specifickým druhem vzdělání nedisponují.



Obr. 20 Shluk významně rozdělující kartografy a nekartografy

V tomto případě lze vidět značné rozdíly v prohlížení mapy mezi kartografy a nekartografy. Dalším důkazem rozdílnosti řešení této úlohy těmito dvěma skupinami může být srovnání Obr. 21 a Obr. 22, které znázorňují relativní hodnoty přechodů mezi jednotlivými AOI oblastmi.



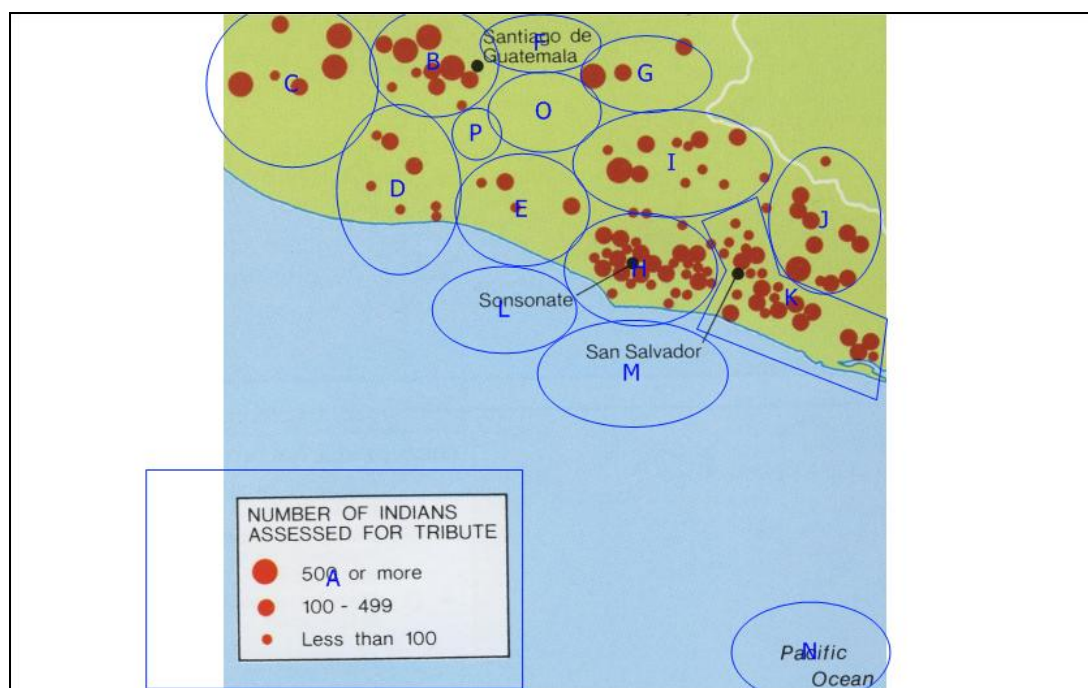
Obr. 21 Relativní přechody mezi AOI pro skupinu kartografů



Obr. 22 Relativní přechody mezi AOI pro skupinu nekartografů

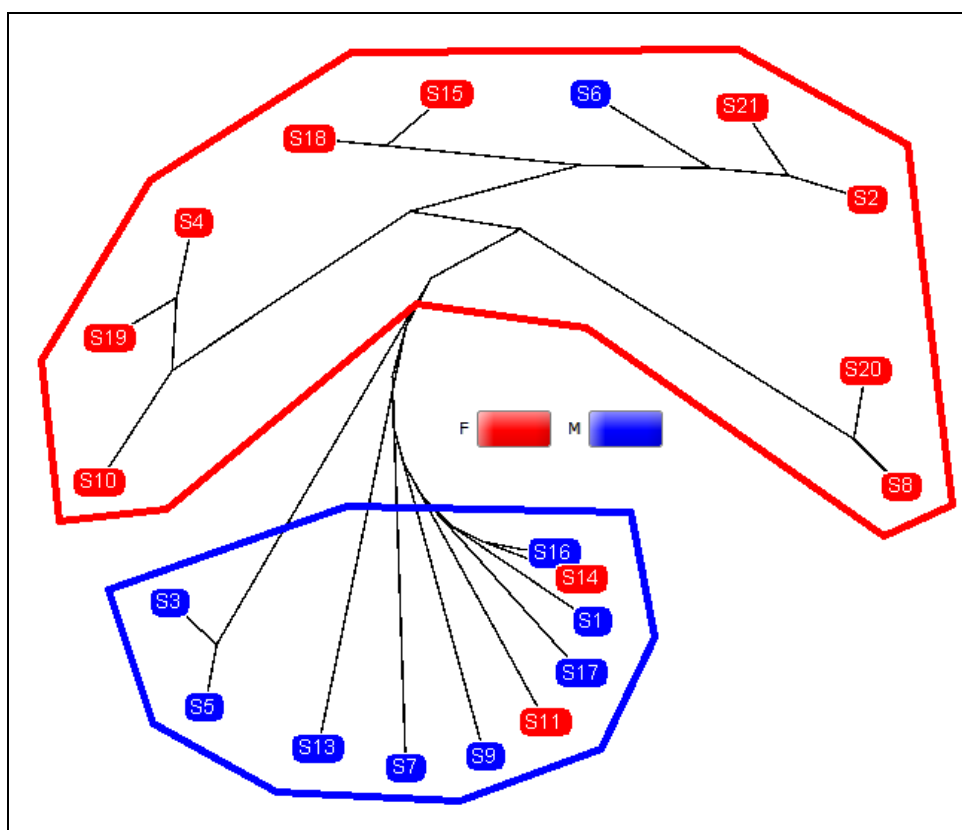
Druhým výsledkem, který jeví nepřehlédnutelné rozčlenění do dvou kategorií, byla úloha z experimentu zaměřeného na legendu. Zkoumanými charakteristikami v tomto

případě bylo rozdělení dle pohlaví na muže a ženy. Podkladovým snímkem byl Obr. 23 a respondenti byli požádáni, aby si mapu prohlédli a odhadli, který ze znaků legendy se v mapě vyskytuje nejčastěji.



Obr. 23 Mapa využitá v rámci měření zkoumající legendu

Pro analyzování byly jako AOI zvoleny oblasti s větším výskytem znaků v mapě, popisy a legenda, která se stala častým prvkem, na který se uživatelé dívali, a to nejen proto, že ve výsledku do ní měly testované osoby myši kliknout. Legenda posloužila jako měřítko pro vytvoření odhadu, kterých znaků je nejvíce. Shluk na základě této úlohy je zobrazen na Obr. 24. Výsledek tedy naznačuje významně rozdílný postup při řešení této úlohy. Srovnání přechodů mezi jednotlivými AOI a srovnání obou skupin, jako v předchozím případě pomocí obrázků, neposkytuje vzhledem k většímu množství AOI oblastí dostatečné vizuální rozdíly, tudíž zde nebylo toto porovnání přidáno.



Obr. 24 Shluk znatelně vymezející řešení úlohy ženami a muži

7.4 Hodnocení

Z celkového pohledu na zmíněné výsledky lze potvrdit, že uživatelé čtou mapy rozdílnými způsoby a určité skupiny jsou specifické zvolenými postupy. Ať už se jedná o rozdíly mezi těmi, kteří mapy profesionálně tvoří, a těmi, jež jsou pasivními příjemci kartografických produktů, tak o odlišnosti danými geneticky či výchovou, které mohou odlišovat přístup žen a mužů k mapám a celkově problematice prostorové orientace.

V rámci diplomové práce byli porovnáváni hlavně respondenti označení jako kartografové, tedy ti, kteří na Katedře geoinformatiky úspěšně absolvovali někteří z předmětů zaměřených na kartografii, a nekartografové, což byli ti, kteří během svého studia se tímto odvětvím nezabývali.

Při pohledu na Tab. 1 lze vidět celkový přehled o počtech zkoumaných a výsledných shlucích. Většina shluků nevykazovalo významné rozdíly, jelikož obě srovnávané skupiny vykazovaly podobný postup řešení úloh, přesto se v přibližně třetině případů podařilo identifikovat menší či větší rozdíly mezi porovnávanými skupinami.

Při srovnání získaného množství výsledků v kategorii částečně podobných, lze vidět větší počet takovýchto shluků při srovnání kartograf/nekartograf, oproti porovnávání respondentů dle pohlaví. Tudiž rozdělení expert – laik poskytlo více rozdílů než dělení dle pohlaví.

Tab. 1 Shrnutí výsledků a počty jednotlivých shluků v kategoriích

	Kartografové/ nekartografové	Pohlaví	Celkem
Minimální rozdíly mezi skupinami	26	32	58
Částečné podobnosti	14	8	22
Charakteristické postupy	1	1	2

8 DISKUZE

Cílem práce bylo zpracování dat získaných pomocí eye-tracking systému při řešení kartografických úloh, jejich úprava a analýza, vlastní hledání podobností mezi charakteristickými skupinami uživatelů při řešení zadaných úkolů, vizualizace výsledků a jejich interpretace.

Během první fáze, kdy docházelo k výběru a zpracování experimentů, bylo potřeba vhodně zvolit takové testy, které by mohly vykazovat vhodné a požadované výsledky. Během postupu práce bylo potřeba některé dílčí úkoly či uživatele v rámci experimentů z analýz vyloučit, jelikož naměřená data byla chybná či nebyla z jiného pohledu vhodná pro další použití a mohla by znehodnotit výsledky. Přesto takovýchto změn bylo minimum.

Během analýz byly použity dvě metody. První použitím výpočtu Levenshteinovy vzdálenosti na základě vytvořených AOI, a druhá porovnáním rozdílů v trajektoriích pohledů pomocí Route algoritmu. Pro hodnocení výsledků byl zvolen první přístup, jelikož obě metody poskytovaly srovnatelné výsledky a vizualizace z eyePatterns v prvním případě byly graficky příjemnější a přehlednější. Jak je zmíněno v kapitole 5 ScanPath comparison, existuje možnost měření zvaná MultiMatch, která při tvorbě srovnání krom průběhu trajektorie bere v úvahu také délky a počty fixací. Tato metoda by mohla poskytnout přesnější výsledky oproti zvolenému přístupu, který zanedbává dobu strávenou v jednotlivých AOI. Nevýhodou srovnání pomocí MultiMatch je ovšem fakt, že je v současnosti možnost porovnávat pouze uživatele. Tudiž v případě rozšíření této metody, bylo by lepší pro další testování využít tuto metodu.

V rámci výsledků této práce se potvrdily určité odlišnosti v řešení určitých úloh mezi ženami a muži a mezi kartografy s nekartografy, bez ohledu na skutečnost, zda jedna či druhá skupina postupovala při řešení lépe či efektivněji. Další zkoumání by se mohlo zaměřit pomocí AOI přímo na určité sekvence, například kolik procent uživatelů, a které skupiny, provede fixace v zadaném pořadí – název mapy, legenda a mapové pole.

Vzhledem k tomu, že však zdaleka ne u všech shluků se vytvořily charakteristické rozdíly odlišných skupin při řešení takovýchto kartografických úloh, stálo by za úvahu pro další obdobné testování srovnávající rozdíly expert – laik, v tomto případě kartograf – nekartograf, zvolit náročnější úlohy s větším důrazem na kartografické myšlení. Důvodem takovéto úvahy je fakt, že by se v takovýchto případech mohly více

projevit rozdíly mezi osobami s kartografickým vzděláním a těmi, kteří se této oblasti aktivněji nevěnují.

Výstupy této práce lze dále využít jako základ toho, že se projevují rozdíly při řešení kartografických úkolů mezi experty – laiky a mezi muži a ženami, a je možné dále navázat v tomto směru a rozšířit srovnávané skupiny o další respondenty s požadovanými charakteristikami. Například by se mohlo jednat o porovnání osob s technickým středoškolským vzděláním a proti osobám s gymnaziálním vzděláním, praváky s leváky či jiné charakteristické skupiny

9 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla analýza získaných dat z eye-tracking systému v rámci řešení kartografických úloh, nalezení segmentů svědčících o podobném postupu řešení úloh respondenty, tyto výsledky srovnat s dostupnými charakteristikami respondentů (muž/žena, kartograf/nekartograf) a na závěr interpretovat a vizualizovat.

Na začátku bylo potřeba zvolit vhodné testování, které byly dále používány. Z těchto experimentů se vybrala data, provedly se jejich nezbytné úpravy a využily se dále k analýzám. V této diplomové práci byly zvoleny 2 hlavní metody srovnávání, kdy se zaprvé porovnávají pomocí Route algoritmu podobnosti trajektorií pohledů uživatelů a zadruhé vytváří hodnocení pomocí Levenshteinovy vzdálenosti na základě podobnosti sekvencí písmen reprezentující pořadí navštívených AOI. Pro vizualizaci a interpretaci výsledků byla zvolen druhý přístup. Výsledkem analýz byly shluky, které rozložením prvků ve větvích vyjadřují jejich podobnost a barvou příslušnost k charakteristické skupině.

Ve výsledných shlucích byly hledány části nebo větve, kde se nacházela převaha nebo homogenní výskyt některé ze zkoumaných skupin. Takovéto shluky, ve kterých se projeví alespoň částečné podobnosti v řešení zadané úlohy příslušníky jedné ze skupin, byly objeveny a náležitě komentovány a graficky znázorněny. Z celkového pohledu se výsledky daly rozdělit do třech skupin, kde v první se nacházely shluky s minimálními rozdíly v podobnostech mezi skupinami, ve druhé se již objevily částečné podobnosti mezi respondenty stejné charakteristiky a v poslední skupině se již vymezily rozdílné postupy mezi srovnávanými skupinami.

Tyto výsledky potvrdily, že některé charakteristické skupiny uživatelů opravdu vykazují určité rozdíly při řešení kartografických úloh. Pro zaznamenání větších rozdílů mezi skupinami by bylo vhodné pro další zkoumání zvolit úlohy náročnější na kartografické myšlení, jelikož v takovém případě by se mohly více projevit rozdíly mezi experty – laiky a mohly by posloužit k získání hlubších poznatků o tom, jak mapy čtou jejich tvůrci a běžní uživatelé.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Použitá literatura

1. ALEXANDER, G. M., WILCOX, T., WOODS, R. (2009). Sex differences in infants' visual interest in toys. *Archives of Sexual Behavior*, 38, 427-433. doi: 10.1007/s10508-008-9430-1.
2. ANDRIENKO, G., ANDRIENKO, N., WROBEL, S. (2007). Visual Analytics Tools for Analysis of Movement Data. *ACM SIGKDD Explorations*, v.9 (2), pp.38-46.
3. BIEDERT, R., BUSCHER, G., DENGEL, A. (2009). The eye book – using eye tracking to enhance the reading experience. *Informatik-Spektrum*, 33, 272-281.
4. DIETRICH, G., WALTER, H. (1970), cit. podle NAKONEČNÝ, M. (1995). *Lexikon psychologie*. Praha: Vodňář. ISBN 80-85255-74-X.
5. DOGUSOY, B. (2010). Experts' & Novices' Concept Map Formation Process: An Eye-Tracking Study. *EC-TEL Doctoral Consortium*, volume 709 of CEUR Workshop Proceedings, page 25-30. CEUR-WS.org.
6. DUCHOWSKI, A. (2007). *Eye Tracking methodology – Theory and Practice*. Springer - Verlag London. 334 s. ISBN 978-1-8 4628-608-7.
7. DUPONT, L., VAN EETVELDE, V. (2012). Landscape Perception Analysis of Built and Natural Environments Using Eye Tracking: Comparison Between Experts and Non-experts. In *IAPS, 22nd Conference, Abstracts*, 254–255. International Association People-Environment Studies (IAPS).
8. FOULSHAM, T., DEWHURST, R., NYSTRÖM, M., JARODZKA, H., JOHANSSON, R., UNDERWOOD, G., HOLMQVIST, K. (2012). Comparing scanpaths during scene encoding and recognition: A multi-dimensional approach. *Journal of Eye Movement Research* 5(4):3, 1-14.
9. GIENKO, G., LEVINE, E. (2005). Eye-tracking and augmented photogrammetric technologies. In *Proceedings ASPRS 2005 Annual Conference*, Baltimore, Maryland, 8 pp.

10. GOLDBERG, J. H., KOTVAL, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. In *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 24, pp. 631-645.
11. HOLMQVIST, K., NYSTRÖM, M., ANDERSSON, R., DEWHURST, R., HALSZKA, J., VAN DE WEIJER, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press, 560 pp.
12. JARODZKA, H., HOLMQVIST, K., NYSTRÖM, M. (2010). A vector-based, multidimensional scanpath similarity measure. *ETRA 2010*: 211-218.
13. MIKŠÍK, O. (2007): *Psychologická charakteristika osobnosti*; 2. vyd., Praha: Karolinum; 274 s. ISBN 978-80-246-1304-8.
14. NAKONEČNÝ, M. (1995). *Lexikon psychologie*. Praha: Vodnář. ISBN 80-85255-74-X.
15. OOMS, K., DE MAEYER, P., FACK, V., VAN ASSCHE, E., WITLOX, F. (2012). Interpreting Maps Through the Eyes of Expert and Novice Users. *International Journal of Geographical Information Science* 26 (10): 1773–1788.
16. POPELKA, S., BRYCHTOVÁ, A., VOŽENÍLEK, V. (2012a): Eye-tracking a jeho využití při hodnocení map. *Geografický časopis Geografický ústav SAV*, 71-87s. ISSN 0016-7193.
17. POPELKA, S., BYCHTOVÁ, A., BRUS, J. (2012b): *Advanced Map Optimalization Based on Eye-tracking* .Ed.: Carlos Bateira, Cartography InTech, Rieka, Croatia, 312s. ISBN: 978-953-51-0689-0.
18. WEST, J. M., HAAKE, A. H., ROZANSKI, E. P., KARN, K. S. (2006). "eyePatterns: Software for Identifying Patterns and Similarities Across Fixation Sequences." *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, San Diego, California, 27-29 March 2006. New York: ACM Press.

Informační zdroje

1. Carl Gustav Jung / Obecné typy. *Carl Gustav Jung* [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://jung.sneznik.cz/psychologie.htm>>.

2. *Eye Tracking Metrics in Tobii Studio* [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://class.classmatandread.net/Eye/eye_metrics.pdf>.
3. Fraunhofer IAIS: CommonGIS. *Fraunhofer IAIS: Fraunhofer IAIS* [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://www.iais.fraunhofer.de/1863.html?&L=1>>.
4. Ovládání pomocí očí může nahradit prsty | VTM.cz. *VTM.cz | věda, technika, technologie, budoucnost* [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://vtm.e15.cz/ovladani-pomoci-oci-muze-nahradit-prsty>>.
5. Sammon Projection - CodeProject. *CodeProject - For those who code* [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://www.codeproject.com/Articles/43123/Sammon-Projection>>.
6. SensoMotoric Instruments GmbH > Gaze and Eye Tracking Systems > Products > BeGaze Analysis Software. *SensoMotoric Instruments GmbH* > [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/products/begaze-analysis-software.html>>.
7. SensoMotoric Instruments GmbH > Gaze and Eye Tracking Systems > Products > Experiment Center Software. *SensoMotoric Instruments GmbH* > [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/products/experiment-center-software.html>>.
8. *SourceForge.net: eyePatterns - Project Web Hosting - Open Source Software* [online]. 2009 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://eyepatterns.sourceforge.net/>>.
9. Testování statistických hypotéz - Wikipedie. *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Testov%C3%A1n%C3%AD_statistick%C3%BDch_hypot%C3%A9z>.
10. VOßKÜHLER, A. *OGAMA (OpenGazeAndMouseAnalyzer): An open source software designed to analyze eye and mouse movements in slideshow study designs / open gaze and mouse analyzer* [online]. 2013 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <<http://www.ogama.net/>>.

SUMMARY

The aim of the thesis was an analysis of the data gained from eye-tracking system within dealing with cartographic tasks, finding the segments showing similar way of dealing with the tasks by respondents, these results compare with the available characteristics of the respondents (male/female, cartographer/non-cartographer) and at the end interpret and visualise them.

At first it was necessary to choose suitable testing, which would be subsequently used. Among these experiments were chosen data, necessary adjustments were made and they were used for following analyses. In this thesis were chosen two main methods of comparing, in which there are firstly compared the trajectory of users' sights by using the Route algorithm and secondly creating the evaluation using the Levenshtein distance and based on the similarity of the sequence of the letters representing the order of visited AOI. For visualisation and interpretation of the results was chosen the second method. The results of the analyses were clusters, which by the distribution of the elements in branches express their similarity and by its colour they express the membership of the characteristic group.

In the resulting clusters it was looked for parts or branches, where was the majority or homogenous occurrence of some of the researched groups. Such clusters, in which it proved to be at least partial similarities in dealing with the given task by the members of one of the groups, were found and appropriately commented and graphically drawn. From the general view the results could have been divided into three groups — in the first group were the cluster with minimal differences in similarities between the groups, in the second already appeared partial similarities among respondents of the same characteristics and in the last group were already distinguished different methods between the compared groups.

From the general view on the mentioned results it is possible to confirm that users read maps in different ways and some groups are specific for the chosen methods. And it does not matter whether we talk about the differences among those who professionally create maps and those who are only passive receivers of the cartographic products, or the differences given genetically or by raising, which can distinguish the men's and women's attitude to maps and generally the issue of spatial sight.

Regarding the fact that by far not at all the clusters were formed the characteristic differences of the distinctive groups during dealing with such cartographic tasks, it would

worth to considerate another similar testing which would compare the differences between experts and novices, in this case cartographers and non-cartographers, and to choose more difficult tasks with extra emphasis on the cartographic thinking. Reason for such consideration is fact that in these cases the differences between the people with cartographic education and those without it would be more prominent.

The conclusions of this work can be used as the basis of the fact that there can be distinguished the differences at dealing with cartographic tasks by experts and novices or by men and women and furthermore it is possible to continue in this direction and to extend the compared groups by other respondents with required characteristics.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1 DVD

Popis struktury DVD

Adresáře:

Text_Prace

Vstupni_projekty_OGAMA

Vstupni_projekty_eyePatterns

Vstupni_projekty_CommonGIS

Import_CommonGIS_skript

Vysledky_eyePatterns_shluky

WEB