

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geoinformatiky**

**VYHODNOCENÍ KOGNICE PŘI VIZUÁLNÍM  
PROGRAMOVÁNÍ Z EYE-TRACKING DAT**

**Magisterská práce**

**Bc. Terezie VANČUROVÁ**

**Vedoucí práce: Ing. Zdena DOBEŠOVÁ, Ph.D.**

**Olomouc 2016**

**Geoinformatika**

## **ANOTACE**

Hlavním cílem diplomové práce bylo zpracovat již naměřená eye-tracking data pro vizuální programování. Vybrat vhodné metody vizualizace a statistické analýzy a na jejím základě vyhodnotit kognici datových toků.

Dalším cílem bylo seznámit se s programem V-Analytcs, kde bylo nutné vybrané vhodné metody vizualizace na základě odborné literatury otestovat a následně popsat způsob použití.

Výsledkem práce jsou otestované metody vizualizace eye-tracking dat pro vizuální programování. Každá vybraná metoda je podrobně popsána a uvedena příkladem. Kromě toho byl sestaven manuál pro použití metod v programu V-Analytcs.

Hlavním výsledkem práce je vyhodnocení kognice datových toků pěti vybraných komponent vizuálních programovacích jazyků, kterými jsou ModelBuilder, Workflow Designer, Marco Modeler, Model Maker a Processing Modeler. Hodnocení vždy předcházelo definování několika předpokladů, které byly pomocí metod vizualizace a statistické analýzy potvrzeny či vyvráceny.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

VPL komponenty, metody vizualizace, eye-tracking.

Počet stran práce: 50

Počet příloh: 3 volné

## **ANOTATION**

The main aim of the thesis was process already measured eye-tracking data for visual programming. Choose appropriate visualization methods and statistical analysis and on their basis evaluate cognition data flow diagrams.

The next aim was get acquainted with program V-Analytcs where it was necessary to choose appropriate visualization methods and on the basis of reference book tested and then describe form of use.

The result of the thesis is tested visualization methods eye-tracking data for visual programming. Each of the selected method is described in detail and introduced on the example. On top of that was wrote manual for using methods in program V-Analytcs.

The main result of the thesis is evaluation cognition data flow diagrams from five selected VPL (visual programming language) components, which are ModelBuilder, Workflow Designer, Marco Modeler, Model Maker and Processing Modeler. Before evaluation was defined several hypothesis, which were confirmed or refuted on the based visualization methods and statistical analysis.

## **KEYWORDS**

VPL components, methods of vizualization, eye-tracking.

Number of pages. 50

Number of appendixes: 3

***Čestně prohlašuji, že***

- diplomovou práci magisterského studia oboru Geoinformatika jsem vypracovala samostatně pod vedením Ing. Zdeny Dobešové, Ph. D.,

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

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

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

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

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

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

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

V Olomouci dne

Bc. Terezie Vančurová

Děkuji vedoucímu práce Ing. Zdeně Dobešové, Ph. D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji konzultantu Mgr. Stanislavu Popelkovi, Ph. D. za konzultaci týkající se práce v programu V-Analytics.

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

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

# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ .....</b>	<b>11</b>
2.1 Použitá data .....	11
2.2 Použité programy .....	11
2.3 Postup zpracování .....	12
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>13</b>
3.1 Vizualní programování.....	13
3.2 Porovnání prací .....	14
3.3 Eye-tracking a metody vizualizace .....	17
<b>4 METODY ANALÝZ .....</b>	<b>21</b>
4.1 Flow map.....	21
4.2 Multiple flow maps a Multiple attention maps .....	23
4.3 Path Similarity Analysis.....	24
4.4 Temporal view of trajectories .....	25
4.5 Statistické metody .....	26
<b>5 HODNOCENÍ VPL KOMPONENT .....</b>	<b>27</b>
5.1 ModelBuilder .....	27
5.2 Workflow Designer .....	32
5.3 Macro Modeler.....	36
5.4 Model Maker.....	38
5.5 Processing Modeler .....	41
<b>6 VÝSLEDKY .....</b>	<b>45</b>
6.1 Vybrané metody analýz.....	45
6.2 Výsledky vyhodnocení VPL komponent .....	45
<b>7 DISKUZE .....</b>	<b>48</b>
<b>8 ZÁVĚR .....</b>	<b>50</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
<b>PŘÍLOHY</b>	

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
VPL	Visual Programming Language
SMI	SensoMotoric Instruments
KGI	Katedra Geoinformatiky
DFD	Data flow diagram
AOI	Area Of Interest
PSA	Path Similarity Analysis
TVT	Temporal View of Trajectories



## ÚVOD

V současné době jsou lidské činnosti založeny na technických pokrocích, které umožňují zjednodušit člověku mnoho aktivit a urychlit tak chod dnešního života. Příkladem takového přístupu je také vizuální programování, které poskytuje možnost programovat bez znalosti jakéhokoli textového jazyka. Podstatou takového programování je pouze znát a rozumět vizuálnímu jazyku v podobě grafických objektů, které mohou být mnohdy těžce pochopitelné. Proto se tato práce zaměřuje na vyhodnocení kognice datových toků a způsobu jejího hodnocení.

Jak říká Andrienko (2014) v mnoha částech lidského života je důležité porozumět pohybovému chování. Stejně tak je vhodné pochopit, jak lidé vnímají a chápou diagramy datových toků, k čemuž mohou napomoci vizuální analýzy. Právě na metody vizuálních analýz eye-tracking dat pro vizuální programování se soustřeďuje tato práce.

# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je provést další zpracování eye-tracking dat pro vizuální programování, které byly naměřeny na katedře Geoinformatiky v rámci diplomových a bakalářských prací a vyhodnotit kognici diagramů datových toků.

Nejprve na základě nastudování odborné literatury napsat řešerši problematiku vizuálního programování a metod vizualizace. Následně vybrat náležité metody vizualizace, které jsou vhodné pro stimuly z oblasti vizuálního programování, otestovat jejich možnosti a popsat postup použití. Kromě metod vizualizace bude provedena také statistická analýza vybraných eye-tracking metrik.

Nakonec bude o diplomové práci vytvořena webová stránka. Dále pak bude celá práce včetně textu, příloh, výstupů, zdrojových a vytvořených dat, XML souboru zaznamenána v digitálně podobě na DVD.

## 2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Pro zpracování práce bylo potřebné najít vhodné metody vizualizace eye-tracking dat pro vizuální programování. Důležitým bodem se bylo seznámit se softwarem V-Analytics a realizovat vybrané metody vizualizace na VPL komponentách, jejichž podrobný postup zpracování je popsán v kapitole 2.3. V neposlední řadě bylo provedeno také statistické hodnocení jednotlivých komponent.

### 2.1 Použitá data

V této diplomové práci byla použita data, která vznikla v rámci zpracování závěrečných prací na katedře Geoinformatiky v Olomouci. Jednalo se především o data z eye-tracking testování na VPL komponenty, kterými se ve svých bakalářských a diplomových pracích zabývali Jana Zieglerová (2014), Adéla Otevřelová (2014) a Filip Hric (2015). Danými komponentami byl ModelBuilder, Workflow Designer, Macro Modeler, Model Maker a Processing Modeler.

Tab. 1 Přehled o počtech respondentů a stimulů ve VPL komponentách

VPL komponenta	počet respondentů	počet stimulů	
		free viewing	s úlohou
ModelBuilder	21	12	12
Workflow Designer	19	12	12
Macro Modeler	18 - 19	12	12
Model Maker	17	12	12
Processing Modeler	22	11	22

### 2.2 Použité programy

Pro testování dalších respondentů byla využita eye-tracking laboratoř na KGI, která disponuje přístrojem RED 250 pro snímání pohybu očí od společnosti SMI. Programy, se kterými bylo nutné pracovat, jsou Experiment Center, iView X a BeGaze.

Pro analýzu dat byly využity celkem tři programy. Vizuální hodnocení bylo provedeno v programu V-Analytics, který je vyvíjen na Fraunhofer ISAS v Německu. Patří mezi programy, jež jsou určeny k analýze tzv. movement dat, jako je například studium dopravy nebo zkoumání pohybů očních pohledů. Dalším softwarem byla Ogama 5.0, jež je určena také k vizuálním analýzám a vyvíjena na Freie Universität Berlin Dr. Adrianem Voßküherem. Statistická analýza byla realizována v integrovaném vývojovém prostředí RStudio ve verzi 0.99.893 pro jazyk R.

## 2.3 Postup zpracování

Postup zpracování diplomové práce obsahoval tyto kroky:

- nastudování doporučené literatury,
- tvorba rešerše o vizuálním programování a metodách vizualizace eye-tracking dat,
- seznámení se s již naměřenými daty,
- doplnění stávajícího testu novými stimuly pro komponentu ModelBuilder,
- testování dalších respondentů pro komponenty ModelBuilder a Workflow Designer,
- seznámení se se softwarem V-Analytics a Ogama pro vizuální hodnocení eye-tracking dat,
- výběr vhodných metod vizualizace pro vizuální programování,
- sepsání návodu pro práci V-Analytics pro vybrané metody
- hodnocení jednotlivých VPL komponent pomocí metod vizualizace a statistických analýz,
- vytvoření webových stránek a posteru o diplomové práci.

### 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Tématem vizuálního programování se na katedře Geoinformatiky UP v Olomouci zabývá Ing. Zdena Dobešová. PhD., pod jejímž vedením vzniklo několik bakalářských a diplomových prací a bylo publikováno mnoho článků. V článku *Visual programming language in geographic information systems* (Dobešová, 2011) je uvedeno, že vizuální programovací jazyky jsou zaměřeny na širokou škálu uživatelů, především těch, kteří nedisponují znalostmi vyššího programovacího jazyka. Otázkou, zda je pro uživatele lepší prvotně se naučit vizuální či textový programovací jazyk, se zabývá článek *Visual programming for novice programmers in geoinformatics* (Dobešová, 2012).



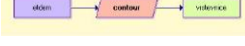
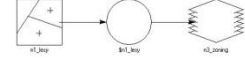

Články *Comparison of Visual Languages in Geographic Information Systems* (Dobešová a Dobeš, 2014) a *Differences in visual programming for GIS* (Dobešová a Dobeš, 2014) se zaměřují na srovnání funkčnosti grafických notací diagramů ArcGIS ModelBuilder a AutoCAD Map Workflow Designer.

Srovnáním grafických notací diagramů čtyř komponent programů ArcGIS for Desktop, AutoCAD Map, ERDAS IMAGINE a IDRISI Selva ve smyslu pochopení tedy kognice diagramů se zabývá článek *Data flow diagrams in geographic information systems: a survey* (Dobešová, 2014). Tématu kognice se také věnuje článek *Perception and Cognition of Different Types of Graphic Notations as a Source of Information in Applied Informatic* (Dobešová a kol., 2015), ve kterém je uvedeno, že kognice neboli porozumění grafickým informacím závisí na osobních charakteristikách čtenáře diagramů.

#### 3.1 Vizuální programování

Vizuální programování lze jednoduše vysvětlit jako programování pomocí grafických objektů. Jak uvádí Dobešová (2011), vizuální programování je vhodné a užitečné pro uživatele, jež nemají znalosti klasického textového programování. Aby bylo možné vytvořit nástroj či aplikace pomocí vizuálního programování, je k tomu nutný vizuální programovací jazyk. Výsledkem vizuálního programování jsou diagramy datových toků tzv. data flow diagrams (DFD), které jsou tvořeny několika grafickými objekty. Každá vizuální (grafická) notace je složena ze sady grafických symbolů, sady kompozičních pravidel a definic významu jednotlivých symbolů (Dobešová a kol., 2015). Geografické informační systémy obsahují komponenty pro tvorbu datových toků tzv. VPL komponenty odvozené z angličtiny *Visual Programming Language Components*. Grafické notace jednotlivých komponent se liší u různých produktů, proto na katedře Geoinformatiky vzniklo několik prací hodnotících grafický zápis těchto komponent, jejichž přehled je uveden v tabulce 2.

Tab. 2 Přehled VPL komponent

Produkt	VPL komponenta	ukázka diagramu
ArcGIS Desktop	ModelBuilder	
AutoCAD Map 3D	Workflow Designer	
Idrisi	Macro Modeler	
ERDAS Imagine	Model Maker	
QGIS	Processing Modeler	

### 3.2 Porovnání prací

Jak již bylo řečeno, existuje mnoho prací týkající se vizuálních programovacích jazyků. Nejčastěji se jedná o hodnocení data flow diagramů na základě Moodyho devíti principů fyzických notací, které se soustředí především na fyzické vlastnosti notace než na logické vlastnosti diagramů. Hodnocení vždy bylo realizováno nejprve slovním ohodnocením jednotlivých komponent a následně bylo provedeno hodnocení metodou eye-tracking.

První prací, která se zabývala vizuálním programováním, je bakalářská práce Václava Kudělky s názvem *Srovnání vizuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí* (2013). Práce se soustředila především na srovnání GIS produktů, kterými byly ArcGIS, AutoCAD Map, ERDAS a IDRISI prostřednictvím dotazníku kognitivních dimenzí a pak také metodou eye-tracking testování pouze dvou VPL komponent ModelBuilder a Workflow Designer.

V další bakalářské práci Davida Šimoníka *Hodnocení grafické notace ArcGIS Diagrammer podle principů fyzických dimenzí* (2014), který podle již výše zmíněných devíti principů fyzických notací hodnotil grafické notace ArcGIS Diagrammer jak slovně tak i metodou eye-tracking testování. Pro vyhodnocení výsledků eye-tracking testu byly použity metody attention map, scanpath. Dále pak při statistickém hodnocení byl posuzován průměrný čas odpovědi a průměrný počet fixací na daném stimulu.

Diplomová práce Jany Zieglerové *Vyhodnocení eye tracking testování vizuálních programovacích jazyků* (2014) se zabývala hodnocením grafických notací čtyř VLP komponent, kterými byly ModelBuilder, Workflow Designer, Macro Modeler a Model Maker. Test pro eye-tracking testování byl oproti předchozím pracím sestaven nejen stimuly s otázkami, ale i stimuly, které byly respondentům za sebou spouštěny ve dvou

sekundových intervalech. Pro vyhodnocení testu, kromě již zmíněných vizualizačních metod, byly zrealizovány statistické testy a to párové porovnávání použitím Wilcoxonova testu a mnohonásobné porovnání pomocí Kruscal Wallisova testu.

Současně s předchozí prací vznikla diplomová práce Adély Otevřelové *Eye tracking vyhodnocení salience a interaktivní práce ve vizuálních programovacích jazycích* (2014), která ve své práci řešila hodnocení salience pro čtyři VPL komponenty, kterými se zabývala i Jana Zieglerová, proto eye-tracking testy byly zcela totožné. Pojem salience znamená míra důležitosti nebo také výraznost, z toho důvodu byla použita pro vyhodnocení metoda saliency map.

Poslední prací, která zatím vznikla na KGI, je bakalářská práce Filipa Hrice *Hodnocení QGIS Processing Modeler podle principů fyzické notace* (2015), která byla zaměřena na hodnocení grafické notace VPL komponenty Processing Modeler. Změnou nebo spíše dalším krokem kupředu v eye-tracking testu bylo, že stimuly neměly pořadí přesně dané, ale vždy byly generovány náhodně.

Současně s touto prací vzniká na katedře Geinformatiky další bakalářská práce studenta Davida Nováka s názvem *Hodnocení GRASS GIS Graphical Modeler podle principů fyzické notace*, která se bude zabývat VPL komponentou Graphical Modeler. Tabulka 3 znázorňuje výčet všech použitých metod v rámci bakalářských a diplomových prací.

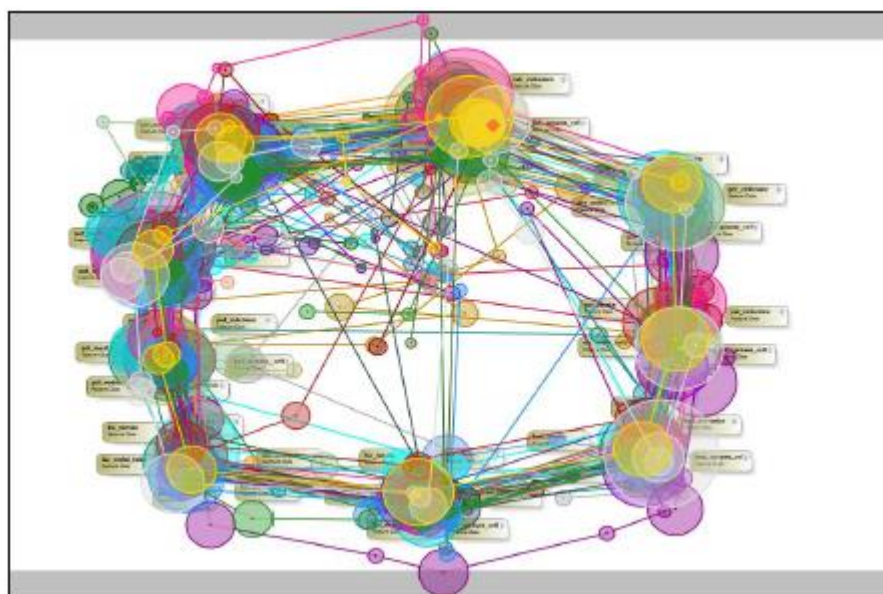
Tab. 3 Metody hodnocení eye-tracking testů

Jméno	Metody	
	statistické	vizuální
Kudělka		attention map
Šimoník	průměrná doba odpovědi	attention map
	průměrný počet fixací	scanpath
Zieglerová	správnost odpovědí na otázky	attention map
	mnohonásobné porovnávání pomocí Kruscal Wallisova testu	scanpath
	párové porovnávání pomocí Wilcoxonova testu	boxplot
Otevřelová		saliency map
		attention map
Hric	správnost odpovědí na otázky	attention map
	průměrná doba odpovědi	

Pro vyhodnocení výsledků bylo použito několik metod a to už jak vizuálních nebo statistických. Mezi nejběžněji užívané patří scanpath a především attention map. Co se týká statistického hodnocení, jedná se spíše o základní výpočty jako je správnost

odpovědi, průměrný počet fixací, průměrná doba odpovědi. Mezi složitější statistické metody lze považovat párové a mnohonásobné porovnávání pomocí Kruskal Wallisova a Wilcoxonova testu.

Metoda scanpath se řadí mezi nejzákladnější typy vizuálních metod. Jedná se o znázornění sádků tedy naměřených pohybů očí z místa na místo pomocí rovné čáry. Fixace jsou znázorněny určitým grafickým symbolem jako například kruh nebo čtverec. Velikost symbolu je určena dobou trvání fixace. Pojem scanpath byl poprvé použit v 70. letech 20. století a může být označován i jako GazePlot, Fixation Track nebo Eye-Movement Pattern (Popelka, 2015).



Obr. 1 Ukázka metody scanpath

Další velmi užívanou metodou vizualizace je attention map, která je častěji označována jako heatmap nebo také fixation map. Podstatou této metody je zjistit, které oblasti na stimulu budí největší pozornost. Výsledkem metody je mapa svítivosti, kdy úpravou parametrů (ostrost, sytost) lze zdůraznit oblasti zájmu a potlačit oblasti, kde zájem uživatelů byl nízký (Blascheck a kol., 2014).



Obr. 2 Ukázka metody attention map



### 3.3 Eye-tracking a metody vizualizace

Eye-tracking je technologie, která umožňuje měřit a nahrávat oční pohyby a pozice oka daného jedince. Produkuje tedy veliké množství dat, které je těžké analyzovat. Aby bylo možné správně naměřená eye-tracking data vyhodnotit, je potřebné dobře rozumět očním pohybům a pochopit základní kognitivní procesy (Andrienko a kol., 2012). Velmi vhodným vyhodnocením dat kromě statistické analýzy je vizuální analýza. Vizuální reprezentace informací totiž značně podporuje lidskou percepci a kognici, proto vizuální zobrazení dat a výsledků daných procesů hraje velmi významnou roli v analýze. Ovšem problém je vybrat vhodnou metodu vizualizace tak, aby pravdivě vystihovala povahu dat. Každá technika nebo nástroj umožňuje brát v úvahu data pouze z určitého úhlu pohledu, ale eye-tracking data jsou mnohostranně ovlivňována několika faktory:

- charakteristikou pohybujících se subjektů,
- vlastnostmi prostředí,
- různými jevy a procesy probíhajícími v nich.

Proto by výběr nástrojů a metod měl být založen na důkladném zvážení potřeb potencionálních uživatelů (Giannotti a kol., 2008). I přesto, že se eye-tracking data vyznačují časoprostorovou strukturou, mezi často používané metody patří scanpath a jak říká Burch a kol. (2013), metoda vykazuje spíše nepřehledný obraz analýzy dat než rozumný výsledek.

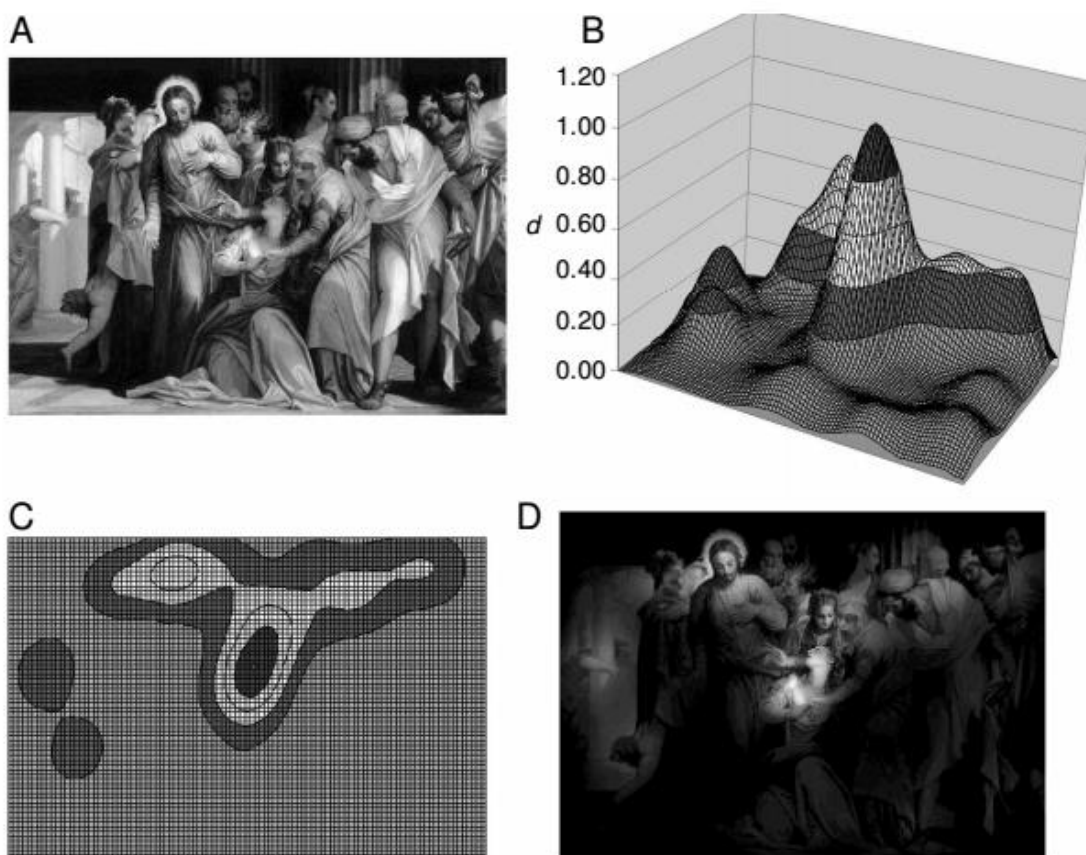
Metodami vizualizace eye-tracking dat se zabývali Blascheck a kol. (2014), kteří seskupili velké množství metod od několika autorů a rozdělili je do dvou kategorií podle toho, jestli se vztahují ke stimulu nebo typu vizualizace. Obě zmíněné kategorie se poté rozlišují na tři skupiny a to podle toho jestli základem analýzy dat je:

- bod (point-based) nebo
- oblast zájmu (AOI-based).

Bodově založené analýzy vyhodnocování eye-tracking dat se zaměřují na celkový pohyb s jeho prostorovým a časovým rozložením. Nevýhodou je, že analýza není dostatečná např. pro porovnání asynchronních eye-tracking dat. Proto se využívá druhá možnost analýzy založená na oblasti zájmu, která umožňuje zjistit AOI metriky ve vybraných oblastech zájmu. Existují i metody vizualizace, kterou jsou založeny na obou přístupech zároveň.

Výběr metody potom záleží také na dalších aspektech daných kategorií. V případě kategorie stimulus záleží na tom, jestli je statický či dynamický, s aktivním obsahem či pasivním obsahem a jeho reprezentace je v 2D či v 3D. Pro kategorii typu vizualizace je parametrů více. Závisí na tom, zda má být vizualizace časová, prostorová nebo časoprostorová, animovaná nebo statická, jednouživatelská nebo víceuživatelská, v 2D nebo v 3D, v kontextu nebo bez kontextu a interaktivní nebo neinteraktivní.

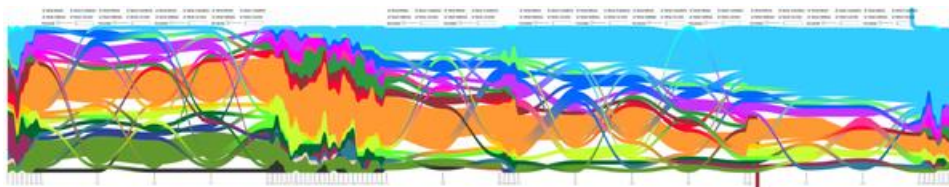
Jednou z metod, která spadá do skupiny bodově založených analýz je tzv. Fixation analysis map. Jedná se v podstatě o heatmap převedou do 3D, kde třetí rozměr představuje velikost daného zvoleného parametru. Představuje objektivní metodu kvantifikace parametrů očních fixací (Wooding, 2002). Jak říká Wooding (2002) Fixation map analysis může být nazvaná nebo popsána jako krajina či terén, neboť výška v každém bodě udává velikost určitého parametru v daném místě. Výsledkem metody je trojrozměrný prostor, kde dva rozměry udávají velikost zkoumaného stimulu a třetí rozměr je velikost vybraného parametru fixace.



Obr. 3 A Zkoumaný stimulus, B metoda Fixation analysis map, C metoda převedená do 2D obrazu a D heatmap stimulu.

(zdroj: [http://blog.uxeria.com/wp-content/uploads/2015/10/eyetracking\\_london\\_2.png](http://blog.uxeria.com/wp-content/uploads/2015/10/eyetracking_london_2.png))

Mezi metody spadající do skupiny analýz založených na oblastech zájmu patří metoda AOI Rivers, jež navržena tak, aby analyzovala frekvence očních fixací v uživatelsky definovaných oblastech zájmu. Umožňuje tedy zjistit významné aspekty, které jsou podstatné pro zkoumání eye-tracking dat. Jedná se především o délku trvání návštěvy v AOI, frekvence návštěv AOI, přechody mezi AOI a sekvenční pořadí návštěv AOI (Burch a kol., 2013). Výsledkem této metody je upravený Sankeyho diagram, kde definované AOI jsou na ose  $y$  barevně rozlišeny a osa  $x$  představuje časovou osu.



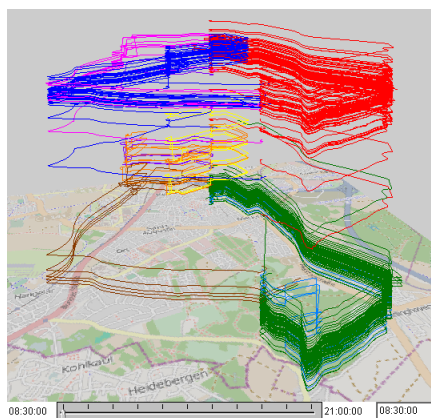
Obr. 4 Ukázka metody AOI Rivers

(zdroj: <http://www.visus.uni-stuttgart.de/typo3temp/pics/e9cf1c479e.png>)

Celá řada dalších metod vizualizace podle výše zmíněného dělení je uvedena v článku *State-of-the-Art of Visualization for Eye Tracking Data* (Burch a kol., 2013).

Metodami vizualizace eye-tracking dat se zabývá také Gennady a Natalia Andrieko, kteří vedou výzkum vizuálních analýz na Fraunhofer IAIS (Institute for Intelligent Analysis and Information System) v Německu a společně také vyvíjí program zvaný V-Analytics, dříve známý pod názvem CommonGIS.

Andrienko a kol. (2012) popisuje několik analýz, které jsou užitečné pro analýzy očních pohybů. Mezi základní metodu vizualizace se řadí **Map display of trajectories**, která zobrazuje trajektorie pouze ve formě čar. Možností je zobrazit všechny nebo jen určitý výběr trajektorií. Další metodou, která vizualizuje vlastní trajektorie je **Space-time cube display of trajectories**, oproti předchozímu přístupu je navíc rozšířena o třetí dimenzi, která reprezentuje čas. Znázorňuje tedy trajektorie ve 3D, jak je možné vidět na obrázku 5.



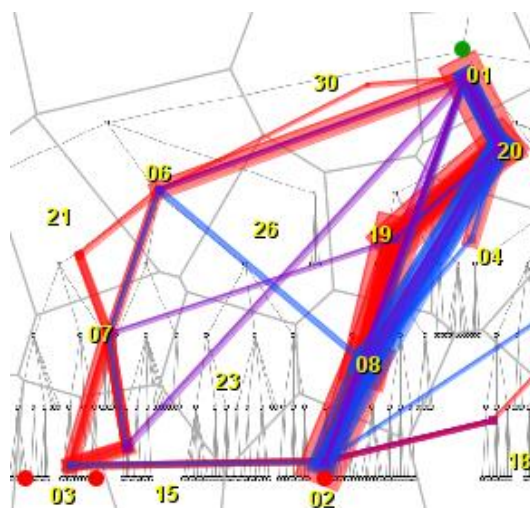
Obr. 5 Ukázka metody Space-time cube

(zdroj: [http://geoanalytics.net/vam/images/fig1\\_18.png](http://geoanalytics.net/vam/images/fig1_18.png))

Pro hlubší zkoumání a porovnávání trajektorií se používá metoda **Path Similarity Analysis**, jež je založena na párovém výpočtu vzdáleností mezi trajektoriemi, projekcí a seskupováním trajektorií do skupin podle podobnosti. Další metodou, která seskupuje eye-tracking data do určitých tříd je **Clustering of time intervals**. Data musí být časoprostorově agregována a poté jsou za pomoci určitého funkce klastrování rozdělena

do tříd a zobrazeny v několika časových intervalech. Prostorová a časoprostorová agregace dat je základem metody **Flow map** a **Attention map**. První jmenovaná metoda zobrazuje agregované trajektorie v podobě šipek, kdežto druhá zmíněná metoda znázorňuje vybraný atribut pomocí úměrně velkých kruhů nebo pomocí barevného stínování.

v daných oblastech. **Temporal view of trajectories** je metoda, kdy trajektorie jsou reprezentovány segmentovým sloupcovým grafem. Jednotlivé segmenty jsou zbarveny podle hodnoty určitého atributu souvisejícího s trajektorií bodů. Další metodou, kterou Andrienko (2012) zmiňuje je **Discovery of frequent sequences of area visits**, která je založena na vyhledávání opakujících se sekvencí trajektorií mezi jednotlivými generalizovanými oblastmi. Ve výsledku potom zobrazuje generalizované trajektorie procházející oblastmi označenými příslušným identifikátorem (obr. 6).



Obr. 6 Ukázka metody Discovery of frequent sequences of area visits

(zdroj:

[http://geoanalytics.net/and/papers/vast2012em/guidelines/images/map\\_freq\\_seq\\_trad\\_top\\_4\\_small.png](http://geoanalytics.net/and/papers/vast2012em/guidelines/images/map_freq_seq_trad_top_4_small.png))

Všechny výše zmíněné metody vizualizace podle Andrienka je možné realizovat v programu V-Analytics, zaměřující se na vizualizaci tzv. movement dat. Začátek vývoje programu pod původním názvem CommonGIS se datuje k roku 1998. Vznikl v rámci projektu, který byl ukončen v roce 2002. Zcela první koncept byl ale založen na budování interaktivního internetově založeného systému pro vizuální analýzy a elektronickém publikování prostorových map a dat pocházejících ze softwarového systému IRIS - Information Retrieval Intelligent System (Andrienko G. a N., 2004). I přesto, že byl projekt ukončen, vývoj programu pokračoval dál. V současné době se na vývoji podílí již zmínění manželé Andrienkovi. Program je volně dostupný v případě, že je používán pro výzkumné účely či vzdělávací programy, pro komerční účely je poskytován za určitý poplatek.

## 4 METODY ANALÝZ

V této kapitole jsou podrobně popsány metody analýz, které byly použity pro vyhodnocení kognice datových toků VPL komponent. Jedná se především o metody vizualizace, které byly provedeny v programu V-Analytics. Kapitola také obsahuje metody statistických analýz, které byly realizovány prostřednictvím programu R.

Pro analýzu vyhodnocení kognice diagramů, na kterou se tato práce zaměřuje, bylo vybráno několik metod vizualizace, jež popisuje Andrienko a kol. (2012) v článku *Visual Analytics Methodology for Eye Movement Studies*, i proto byl využit program V-Analytics. Současně byl pro tento program psán manuál za účelem, aby mohli další uživatelé tento program bez problému užívat a ovládat. V manuálu kromě metod použitých v této práci, jsou detailně popsány i další možné metody analýzy eye-tracking dat.

### 4.1 Flow map

Metoda Flow map názorně ukazuje, jakým způsobem se uživatelé pohybovali v rámci daného stimulu. Je představována diskrétní prostorovou a časoprostorovou agregací trajektorií a zobrazována jako mapa šipek s různou šířkou. Každá šipka představuje souhrn několika přemístění z jednoho místa do druhého. Je tedy nutné vytvořit plochy s centrálními body a to proto, aby bylo možné trajektorie agregovat. Jednotlivými plochami mohou být tzv. Thiessenovy polygony, kruhy či vytvořené oblasti zájmu. V-Analytics pomocí nástroje „*Generalise and summarise trajectories*“ a po zadání potřebných parametrů vypočítá výsledné plochy s danými centrálními body sám. Mezi vstupující parametry patří:

1. Minimální úhel změny směru trajektorie
2. Minimální doba fixace
3. Minimální vzdálenost další fixace
4. Maximální vzdálenost další fixace
5. Poloměr shluku

Existuje však možnost, že si uživatel potřebné, pro něho důležité body určí sám a poté kolem nich vytvoří polygony. Finální Flow mapa je zhotovena pomocí nástroje „*Summarise trajectories as moves between existing areas*“. Výsledná šipka mezi plochami je reprezentována směrem očních pohybů a šířkou, která může představovat:

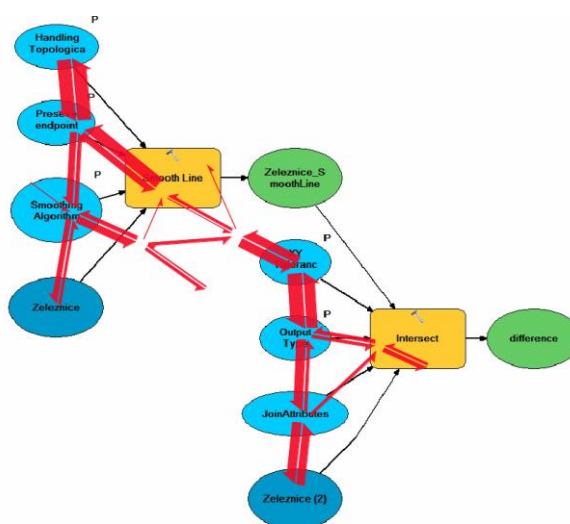
- počet očních pohybů mezi dvěma plochami,
- průměrný počet očních přesunů na uživatele,
- počet různých trajektorií mezi dvěma plochami,
- počet různých uživatelů mezi dvěma plochami atd.

Pro analýzu testovaných diagramů VPL komponent byla využita možnost výpočtu ploch na základě zadání požadovaných parametrů, kdy bylo testováno několik možností nastavení hodnot parametrů. Pro každou komponentu bylo aplikováno jiné nastavení parametrů (tab. 4). Šířka šipek ve výsledné Flow map reprezentovala „N of moves“ tedy počet očních pohybů (trajektorií) mezi jednotlivými plochami.

Tab. 4 Přehled nastavení parametrů pro jednotlivé VPL komponenty

Číslo parametru	ModelBuilder	Workflow Designer	Macro Modeler	Model Maker	Processing Modeler
1	10	10	10	10	10
2	0	0	0	0	0
3	30	30	5	30	20
4	100	90	50	90	60
5	100	100	100	100	100

Na obrázku 6 lze vidět Flow map pro komponentu ModelBuilder. Úkolem v tomto případě bylo najít všechny parametrické vstupy (modrý ovál označený písmenem P). Byly vyfiltrovány přechody menší jak deset a je patrné, že respondenti neměli problém najít správnou odpověď, poněvadž se pohybovali v místech objektů s parametrickým vstupem, kterých bylo pět.



Obr. 6 Flow map pro komponentu ModelBuilder

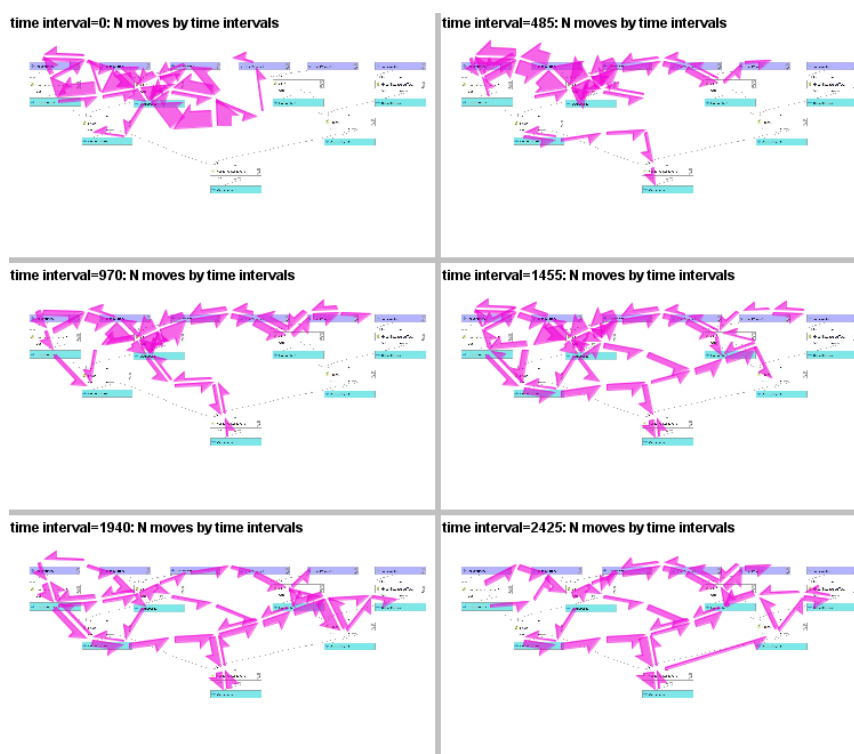
## 4.2 Multiple flow maps a Multiple attention maps

Nejprve je nutné provést předešlou metodu Flow map, na jejímž základě vzniknou dvě vrstvy. První vrstva obsahuje atributy vztahující se k agregovaným trajektoriím a druhá vrstva zahrnuje atributy vzniklých polygonů.

Metoda Multiple flow maps potom umožňuje zobrazit více Flow map, které zobrazují agregované trajektorie v různých časových intervalech, shluky časových intervalů nebo skupiny respondentů. Nejdříve je nutné vrstvu agregovaných trajektorií rozdělit do příslušných časových intervalů a poté je pomocí vizualizačního nástroje „Display wizard“ zobrazit. Tato metoda se dá využít ke zjištění, jakým způsobem se respondenti pohybovali po stimulu v různých časových úsecích.

Metoda Multiple attention maps naopak využívá vrstvu s vygenerovanými polygony a zobrazuje několik map v různých časových rozmezích. Vybraný atribut znázorňuje v podobě určitého geometrického obrazce, jejichž velikost je úměrná hodnotě atributu, či barevným stínováním vzniklých polygonů. Tuto metodu je možné použít, jestliže je potřebné zjistit, které části stimulu byla věnována větší pozornost, tedy kde byl vyšší počet návštěv v daném časovém intervalu.

Obrázek 7 zobrazuje stimul komponenty Processing Modeler rozdělený do stejných dlouhých časových intervalů, který respondenti měli možnost sledovat pouze tři sekundy. Ukazuje, jakým způsobem se respondenti pohybovali po stimulu.

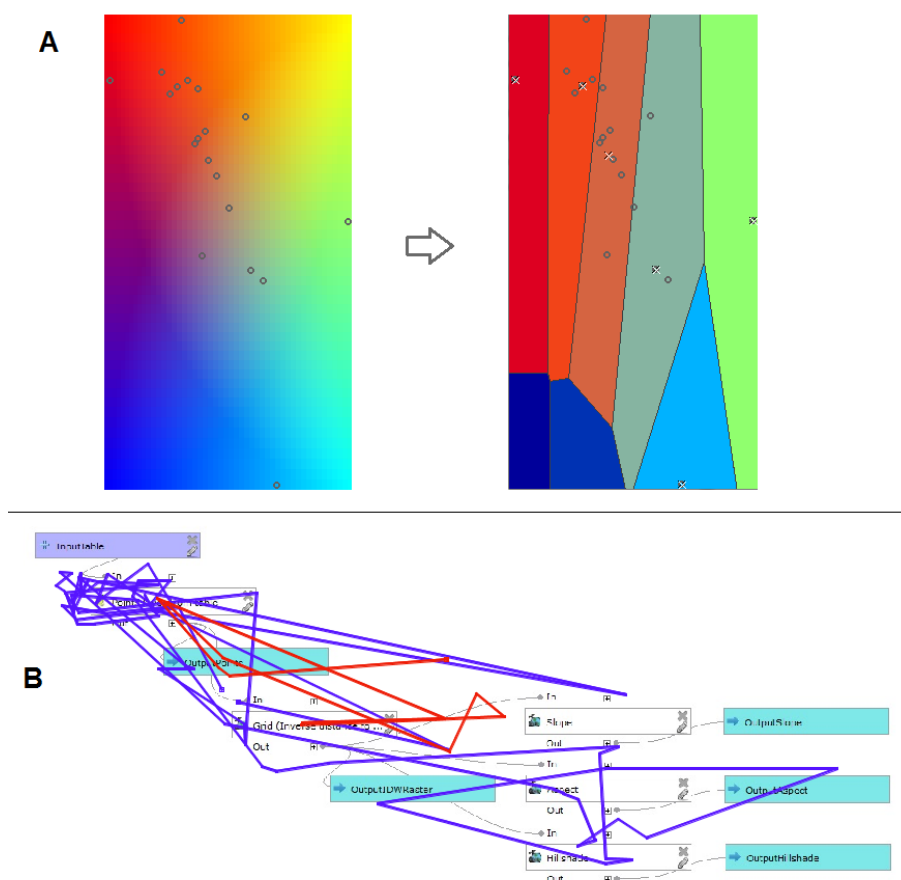


Obr. 7 Metoda Multiple flow maps na komponentě Processing Modeler



### 4.3 Path Similarity Analysis

Tato metoda Path Similarity Analysis (PSA) neboli porovnávání trajektorií, je založena na výpočtu distanční funkce „Route similarity“. Algoritmus vyhledává sousedící dvojice nejbližších poloh dvou trajektorií a vypočítá průměrnou vzdálenost mezi nimi a tzv. „penalty distance“. Porovnávat trajektorie lze dvěma různými způsoby. Jednou z možností je porovnávání všech trajektorií vůči jedné vybrané, kterou může být například nejkratší nebo hypoteticky zvolená optimální trajektorie. Výsledkem je hodnota, která určuje míru podobnosti vůči vybrané trajektorii. Druhou možností je porovnávat všechny trajektorie mezi sebou na základě párového porovnávání vzdáleností. Je tedy vypočítána matice vzdáleností, která se používá pro vytvoření dvoudimenzionální projekce sady trajektorií pomocí multidimenzionálního škálování nebo Sammonova mapování. Na obrázku 8A je uvedena Sammonova projekce, kde jsou trajektorie představeny do formy teček. Podle zvoleného poloměru seskupení tzv. group radius jsou trajektorie rozděleny do kategorií, v tomto případě byly trajektorie rozděleny do 6 kategorií. Obrázek 8B znázorňuje trajektorie, které po rozdělení spadají vždy do jiné kategorie. Je tedy možné vidět jednoznačný rozdíl mezi jednotlivými trajektoriemi.



Obr. 8 A Sammonova projekce a jejího rozdělení do kategorií B trajektorie dvou rozdílných skupin



Pomocí metody PSA byly porovnávány trajektorie jednotlivých diagramů za účelem zjištění, zda do jednotlivých tříd podobností spadnou stejní respondenti. Vzhledem k tomu, že eye-tracking testy VPL komponent ModelBuilder a Processing Modeler obsahovaly v části free viewing i v části spojené s úlohou diagramy se stejnou funkcionalitou. Kromě toho diagramy se stejnou funkcionalitou měli i různé uspořádání objektů, bylo možné je porovnávat následujícím způsobem:

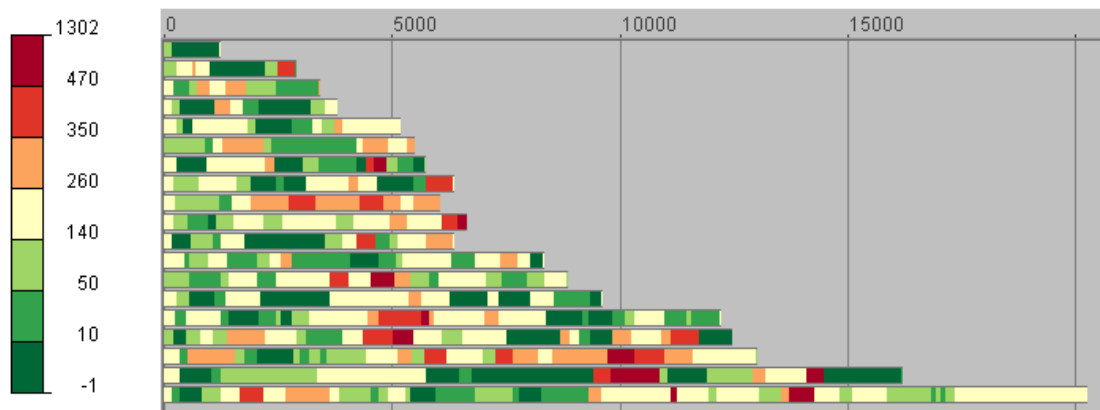
- a) jednotná funkcionalita a uspořádání - free viewing diagramy vs. digramy s úlohou
- b) jednotná funkcionalita, ale různé uspořádání - free viewing diagramy
- c) jednotná funkcionalita, ale různé uspořádání - diagramy s úlohou

Uspořádání grafických objektů bylo v horizontálním směru, což se rozumí, že grafické objekty jsou řazeny zleva doprava. Vertikální směr má objekty řazeny shora dolů, diagonální z levého horního rohu do pravého dolního rohu a posledním možným uspořádáním je chaotické.

#### **4.4 Temporal view of trajectories**

Metoda Temporal view of trajectories znázorňuje trajektorie ve formě segmentovaného sloupcového grafu. Umožňuje zjistit vzdálenost daného respondenta v rámci vybraného atributu od daného hledaného bodu. Tímto atributem může být rychlost, vzdálenost k dalšímu bodu trajektorie, vzdálenost od přechozího bodu trajektorie, vzdálenost od začátku i konce trajektorie a další. Horizontální osa grafu vyjadřuje čas a barvy jednotlivých segmentů sloupce vyjadřují vzdálenost od určeného bodu. Sloupce grafu pak představují jednotlivé respondenty, jenž mohou být seřazeni podle délky řešení úlohy. Důležité je rozdělit data do vhodně zvolené stupnice tak, aby nedocházelo ke špatné interpretaci výsledků.

Tato metoda byla využita pro analýzu stimulů, kde respondenti měli označit jeden určitý objekt kliknutím myši, např. začátek či konec diagramu, funkci, vstupní či výstupní vrstvu. Na obrázku 9 je graf vztahující se ke komponentě Macro Modeler, kde respondenti měli najít soubor atributových hodnot. Hodnoty vzdáleností jsou nastaveny tak, aby nejsvětlejší barva, v tomto případě žlutá, vyjadřovala oblast kolem fixačního kříže, tmavě zelená pak znázorňuje místo správné odpovědi a naopak tmavě červená představuje oblast, kde respondent byli velmi daleko od hledaného bodu.



Obr. 9 Ukázka grafu metody Temporal view of trajectories

## 4.5 Statistické metody

Statistická analýza probíhala na základě vyhodnocení eye-tracking metrik, které byly zvoleny podle toho, co bylo nutné zjistit. Mezi ně se řadí **Trial Duration**, která vypovídá o délce trvání řešeného stimulu. Dále pak **Fixation Count**, což je počet fixací na daném stimulu, k tomu se váže **Fixation Duration**, což je délka trvání fixace. A poslední zkoumanou metrikou je **Scanpath Length**, která představuje celkovou délku trajektorie.

Než se přistoupilo k samotné analýze eye-tracking dat, muselo být zkoumáno, zda data pochází z normálního rozdělení. Pro ověření normality dat byl použit Shapiro-Wilkův test, který je vhodný pro menší rozsah dat – počet respondentů se pohyboval od 17 do 22. Vzhledem k tomu, že na hladině významnosti 0,05 bylo vždy zamítnuto normální rozdělení, byly pro analýzy vybrány neparametrické testy. Pro porovnání dvou výběrů dat byl zvolen dvouvýběrový Wilcoxonův test. Jestliže bylo nutné porovnat více jak dva výběry, byl vybrán Kruskal-Wallisův, který je vícevýběrovým testem shody mediánů. Používá se pro srovnávání středních hodnot dvou a více nezávislých souborů, kdy výběry nesplňují podmínku normality. Proto se mu také někdy říká neparametrická ANOVA (Litschmannová, 2011). Pro určování závislosti výběrů byla využita korelace, kterou určoval Pearsonův koeficient.

## 5 HODNOCENÍ VPL KOMPONENT

V této kapitole je popsáno hodnocení VLP komponent podle výše zmíněných metod vizualizace a statistických analýz. Hodnocení probíhalo na základě již naměřených eye-tracking dat pro vizuální programování, jejichž shrnutí je uvedeno v kapitole 2.1. První hodnocenou komponentou je ModelBuilder, který je součástí programu ArcGIS for Desktop, dalšími komponentami jsou Workflow Designer z programu AutoCAD Map, Macro Modeler od programu Idrisi, Model Maker, jež součástí programu ERDAS Imagine a poslední hodnocenou komponentou je Processing Modeler programu QGIS.

Každá komponenta byla hodnocena zvlášť, kdy hodnocení přecházelo vyslovení několika předpokladů, hypotéz, které souvisejí hlavně s kognicí diagramů. Tedy jak se respondenti snaží porozumět a pochopit diagramy a jak v něm hledají řešení.


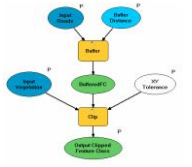


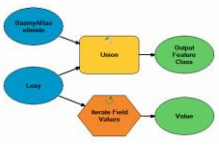
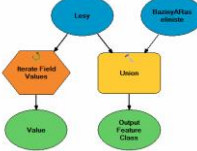
### 5.1 ModelBuilder

Eye-tracking test komponenty ModelBuilder obsahoval celkem 24 stimulů, z toho 12 stimulů respondenti pouze volně prohlíželi dvě vteřiny a 12 stimulů bylo spojeno s určitým úkolem.

V diplomové práci Jany Zieglerové bylo zjištěno, že respondenti měli problém rozeznat všechny grafické objekty i přesto, že se komponenta má k dispozici velké množství nastavení vzhledu notace a objektů. Problém respondentům také dělalo rozeznání vstupní vrstvy a vstupní hodnoty.

Vhledem k tomu, že bylo možné otestovat další respondenty, kteří se komponentou zabývali v rámci předmětu KGI/PRG2, byl test znovu použit. Nového testu se zúčastnilo 23 respondentů. Kromě všech původních stimulů obsahoval test celkem 12 stimulů nových. Jednalo se o stimuly s diagramy, které již test obsahoval, pouze bylo změněno uspořádání jejich grafických objektů a byly doplněny jak do části free viewing, tak i do části spojené s úlohou.

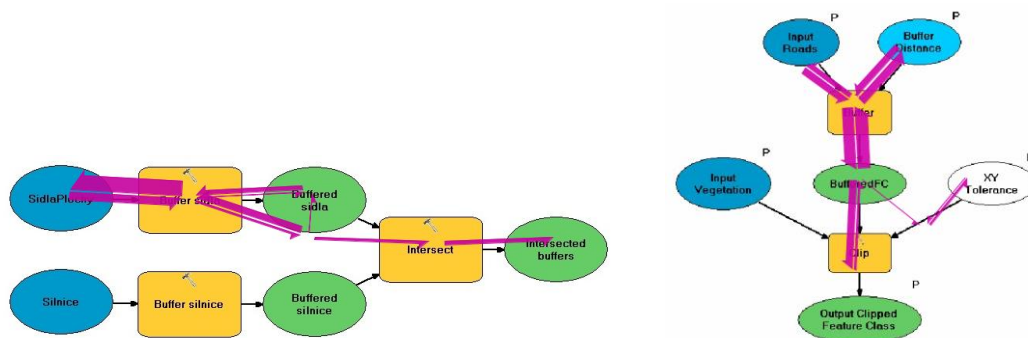
Tab. 5 Nové stimuly v eye-tracking testu pro komponentu ModelBuilder

úloha	stimul	
Označte vstupní vrstvy.		
Označte vstupní parametry.		
Označte výstupní vrstvy.		

Pro další hodnocení komponenty ModelBuilder byly definovány tyto hypotézy:

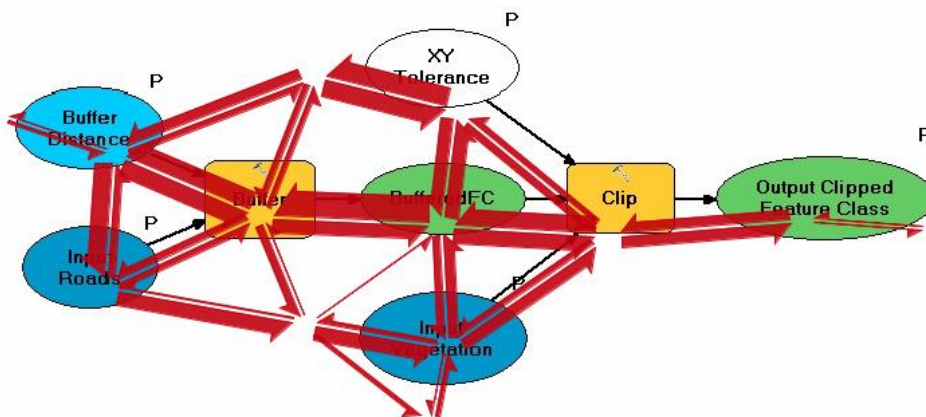
1. *Respondenti budou číst diagramy vždy stejným způsobem a budou si podobní vždy stejní respondenti u různých diagramů*
2. *Respondenti se budou snažit pochopit jednotlivé diagramy podle určitého klíče*
3. *Pro pochopení diagramu bude nejlepší horizontální uspořádání objektů*

Metoda Flow map ukázala, že ve všech případech části free viewing respondenti četli diagram zleva doprava. Čtení diagramů je tedy stejné, jako když čtou určitý text. V situaci, kdy je uspořádání grafických objektů vertikální, čtení diagramů je shora dolů (obr. 10). Pokud byl diagram větší, tzn. s více objekty nebo byl tvořen několika řadami objektů, respondenti se vždy zdržovali v horní části diagramu. Jestliže objekty tvořili pouze jednu hlavní řadu a jeden nebo dva objekty nad a pod resp. vpravo a vlevo tvořili „doplňující“ řadu, respondenti vždy zkoumali objekt, jež byl nad resp. vlevo a nezáleželo na tom, zda je objekt určitým způsobem zajímavý.



Obr. 10 Ukázka způsobu čtení u free viewing diagramů pomocí metody Flow map

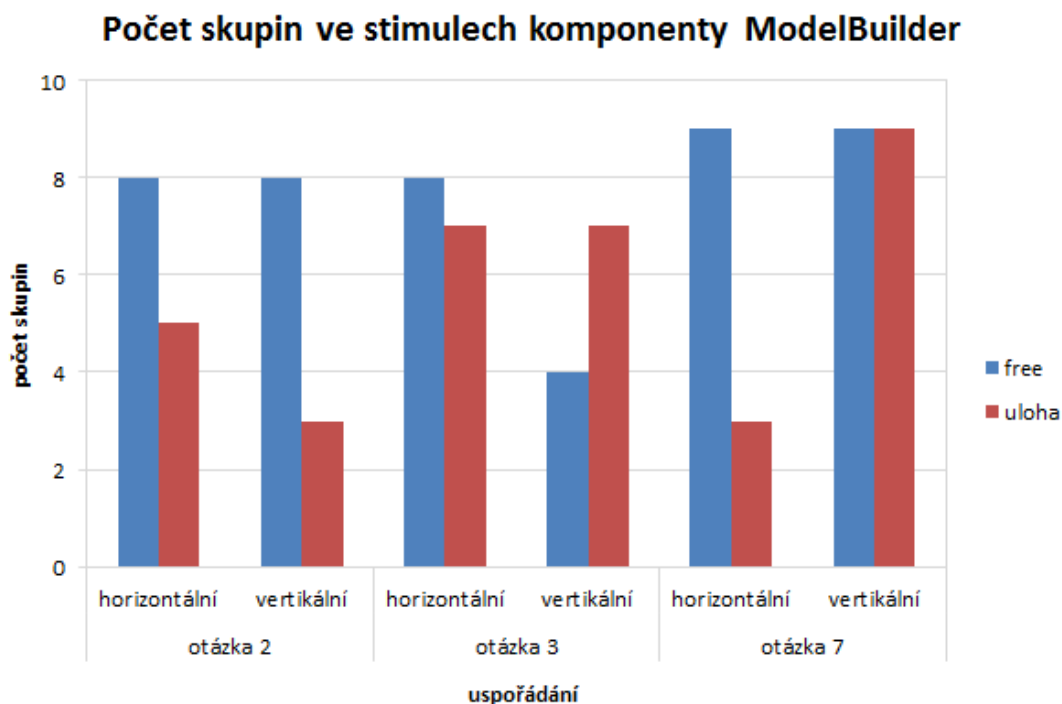
V případě diagramů s úlohou předešlý trend neplatil. Jednoznačně to ovlivnil zadaný úkol, protože respondenti hledali správnou odpověď a byli tedy nuceni projít celý diagram. Je to také díky tomu, že tato komponenta umožňuje nastavit pozici grafického objektu uživatelem. To znamená, že vstupní hodnoty, u kterých se očekává, že budou vlevo či nahoře, mohou být vpravo či dole a respondent je nucen prohlédnout celý diagram. To potvrzuje stimul s diagramem, kde respondenti měli označit právě vstupní hodnoty (obr. 11).



Obr. 11 Ukázka Flow map pro diagram s úlohou

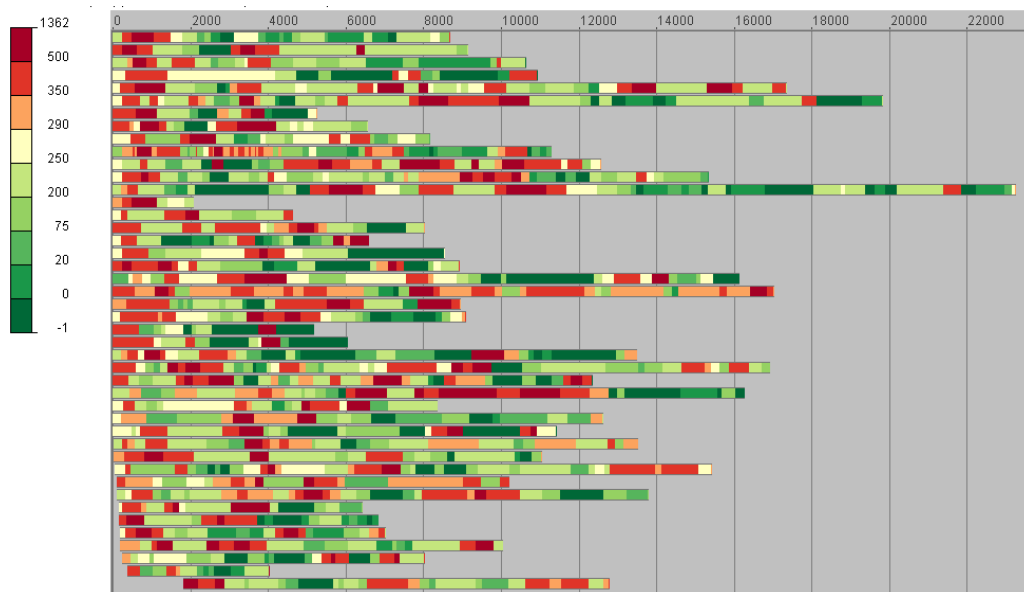
Při zkoumání, zda se respondenti pohybují po jednotlivých stimulech podle určitého klíče, byly vybrány tři druhy diagramů. Každý byl ve dvou typech uspořádání horizontálním a vertikálním u free viewing části. V části spojené s úlohou bylo možné srovnávat navíc uživatelské uspořádání. Prostřednictvím metody Path Similarity Analysis byli jednotliví respondenti rozděleni do několika skupin. Způsob porovnávání je uveden v kapitole 4.3. Podobnost mezi respondenty nebyla nalezena, pouze v několika málo případech spadli do jedné skupiny stejní respondenti. Je tedy zřejmé, že respondenti mají vždy jiný styl čtení diagramů.

Při zvoleném 20% poloměru seskupení trajektorií vzniklo několik skupin v rozmezí 4 až 10, jejichž počet pro každý studovaný stimul je možné vidět na obrázku 12. Jednoznačně z toho vyplývá, že free viewing stimuly mají mnohem větší rozptyl respondentů než stimuly spojené s úlohou. Což znamená, že podobnější styl čtení diagramů je u stimulů s úlohou.



Obr. 12 Graf počtu skupin v jednotlivých stimulech komponenty ModelBuilder

U stimulu, kde měli respondenti označit prvek představující dynamickou proměnnou, si nebyli zcela jisti odpovědí. Několikrát se jejich pohled odvrátil od místa správné odpovědi a dá se tedy říct, že kontrolovali, zda je jejich domněnka správná. V několika případech ani správnou odpověď nenašli. Což lze vidět na obrázku 13, kde barevné segmenty sloupců grafu znázorňují, jak daleko v daném čase se respondenti nacházeli od hledaného objektu. Fixační kříž se nacházel ve vzdálenosti 270 px od objektu, kterou značí světle žlutá barva grafu. Stejně tomu bylo v případě, kdy měli hledat nenadefinovanou funkci. Následné srovnání výsledků správnosti odpovědí ukázalo, že respondenti měli větší problém určit dynamickou proměnnou.



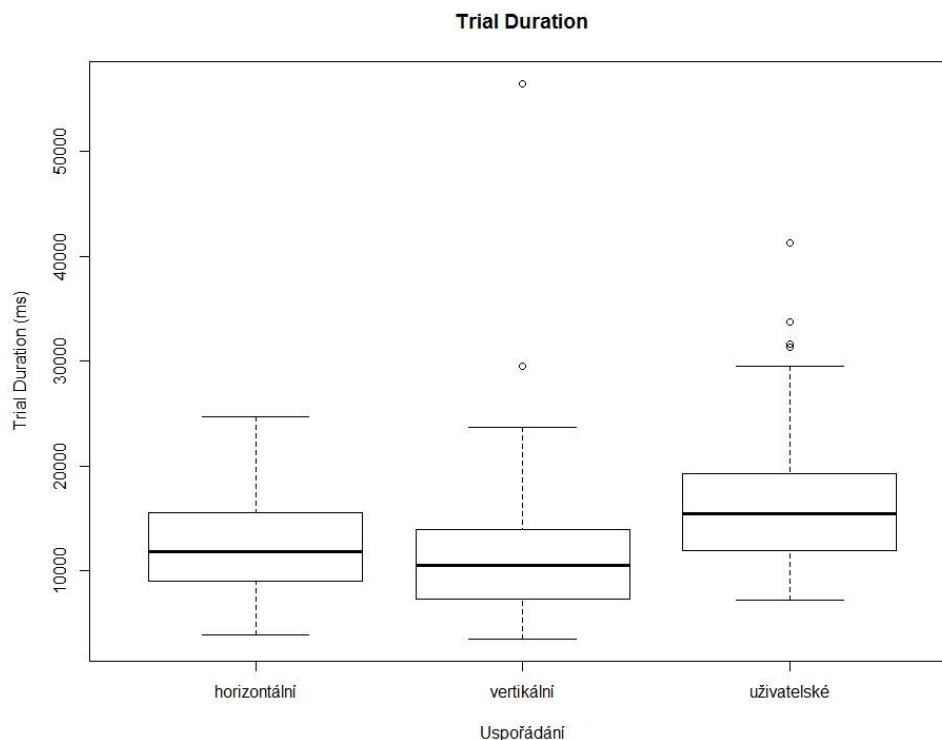
Obr. 13 Metoda Temporal view of trajectories znázorňující hledání dynamické proměnné

Při **statistickém hodnocení** byla řešena otázka, který typ uspořádání objektů je pro uživatele jednodušší pro pochopení diagramu. U free viewing diagramů byla prostřednictvím párového Wilcoxonova testu zjišťována shoda středních hodnot mezi hodnotami metrik Fixation Duration, Fixation Count a Scanpath Length pro horizontální a vertikální uspořádání diagramu. Nulová hypotéza stanovuje, že střední hodnoty metrik budou stejné pro různé orientace diagramu. Alternativní hypotéza stanovuje, že střední hodnoty metrik budou různé pro různé diagramy. Protože hodnoty p-value překračují u všech metrik hodnotu 0.05, nezamítá se nulová hypotéza o shodě středních hodnot časů výše zmíněných metrik ve prospěch alternativní hypotézy. Statisticky významný rozdíl nebyl tedy nalezen u žádné z nich (tab. 6). Z čehož plyne, že nezáleží na tom, jakým způsobem jsou grafické objekty řazeny v režimu free viewing.

Tab. 6 Výsledky hledání rozdílu mezi uspořádáním horizontálním a vertikálním u free viewing diagramů

Horizontální vs. Vertikální	$\alpha$	W	p-value	výsledek
FixationDuration	0,05	2614	0,3201	$H_0$ nelze zamítnout
FixationCount	0,05	2229	0,5123	$H_0$ nelze zamítnout
ScanpathLength	0,05	2091	0,2273	$H_0$ nelze zamítnout

Pro diagramy s úlohou bylo porovnávání realizováno pomocí Kruskal-Wallisova testu pro metriky Trial Duration, Fixation Count, Fixation Duration a Scanpath Length. Statisticky významný rozdíl byl nalezen pouze u metriky Trial Duration mezi vertikálním a uživatelským uspořádáním diagramu, což také ukazuje boxplot na obr. 14. Vyplývá z toho tedy, že nejvhodnější řazení objektů je vertikálním způsobem.



Obr. 14 Boxplot metriky Trial Duration u diagramů s úlohou pro ModelBuilder

## 5.2 Workflow Designer

Test komponenty Workflow Designer obsahoval 12 stimulů pro volné prohlížení a 12 stimulů s úlohou, celkem tedy 24 stimulů. Protože v akademickém roce 2014/2015 probíhala výuka předmětu KGI/CADX, bylo otestováno dalších 14 respondentů.

Při předchozí analýze komponenty bylo zjištěno, že respondenti měli problém správně označit vypnutý prvek právě kvůli zelenému označení prvku. Často také zaměňovali prvek s chybou s nenadefinovaným prvkem.

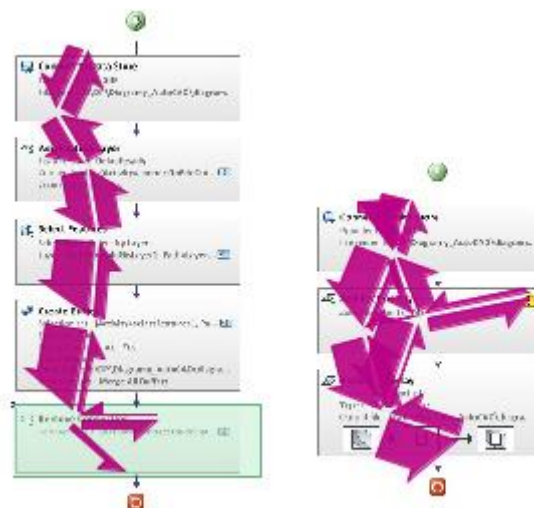
Hodnocení této komponenty bylo zaleženo na těchto hypotézách:

1. *Čtení diagramů bude vždy shora dolů*
2. *Respondenty budou zajímat výrazné či jiné grafické prvky (symboly)*
3. *Počet fixací u free viewing stimulů bude růst s počtem grafických objektů*

Komponenta se vyznačuje jednoduchostí zápisu grafické notace, kdy objekty jsou definovány ve formě šedých obdélníků s popisem či názorným obrázkem. Obsahují také v pravém horním rohu symbol znázorňující stav operace. Jedná se o symbol „fajfky“, křížku v červeném kruhu a vykřičníku ve žlutém trojúhelníku. Prostřednictvím metody Flow map bylo zjištěno, že uživatelé čtou diagram po levé straně od pomyslné osy symetrie, což je možné vidět na levé ukázce obr. 15 a to ve všech případech volného

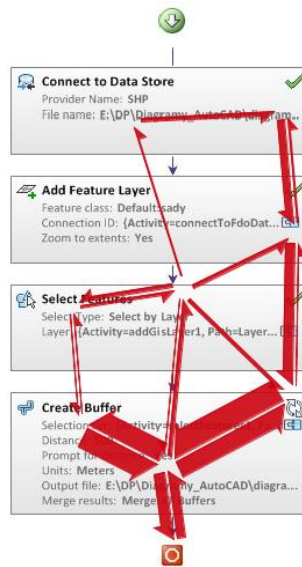


prohlížení. Pouze v jednom případě respondenti upozorovali prvek označující stav operace (pravá ukázka na obr. 15). Z těchto faktů vyplývá, že respondenti kladou větší důraz na zjištění významu funkce diagramu, než na výrazné ikony či symboly, které jsou součástí obdélníků.



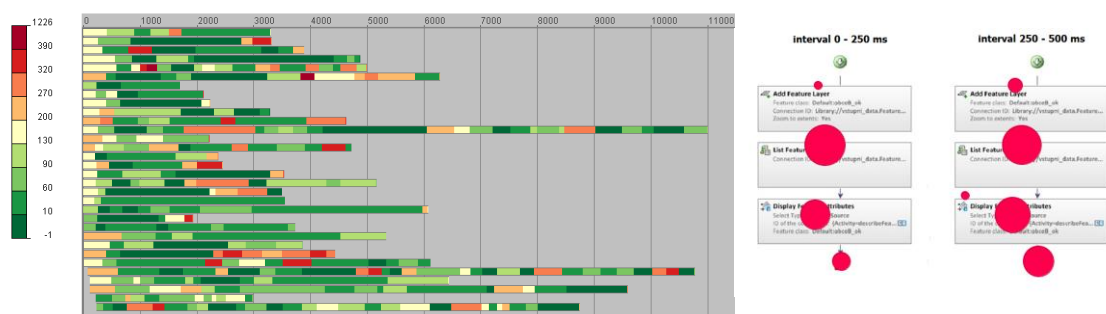
Obr. 15 Ukázka Flow map pro komponentu Workflow Designer

Jinak už tomu bylo u diagramů s úlohou, kdy se respondenti soustředili hlavně na správnou odpověď na otázku, a proto četli diagramy vždy jiným způsobem. V případě, že respondenti hledali začátek resp. konec, který je značen barevným kruhem, pohybovali se po ose symetrie. U diagramu, kde úkolem bylo zjistit, kolik je úspěšně dokončených operací, byla úspěšnost správnosti odpovědí respondentů 100 %. Flow map ale ukazuje, že naprostá většina respondentů se pohybovala v místě, kde jedna z vlastností objektu byla označená slovem „yes“. Což může značit, že respondenti hledali nejprve textové označení úspěšně dokončené operace, až poté si uvědomili, že označení pro úspěšné dokončení operace je pomocí symbolu „fajfky“ (obr. 16).

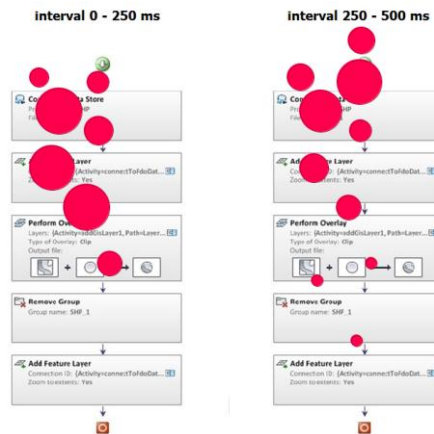


Obr. 16 Flow map pro diagram, kde bylo úkolem zjistit počet úspěšně dokončených operací

U diagramů, kde bylo úkolem označit začátek resp. konec diagramu, což se řadí mezi jednodušší úkoly, neměli respondenti problém najít konec diagramu. Úspěšnost správných odpovědí byla 100 %. Také je možné konstatovat, že je jim dobře známá grafická notace komponenty. Hned od začátku řešení úlohy se respondenti zdržují v okolí fixačního kříže, jak ukazuje metoda Temporal view of trajectories, který je ve vzdálenosti od 275 px od znaku konce diagramu (obr. 17 levá ukázka). Poté je jejich pozornost orientována spíše směrem dolů, což je možné vidět na obr. 17 vpravo, kde velikost kruhů představuje počet návštěv. Naopak, když úkolem bylo označit začátek diagramu, několik respondentů označilo grafický objekt, který definuje spojení do datového skladu, jak je možné vidět na obr. 18.



Obr. 17 Metoda Temporal view of trajectories ukazující vzdálenost od konce diagramu (vlevo) a metoda Multiple attention maps znázorňují pozornost respondentů (vpravo)



Obr. 18 Multiple attention map pro diagram, kde bylo úkolem označit začátek

Zkoumáno také bylo, zda respondenta v případě režimu free viewing upoutá určitý výrazný prvek. Heatmap 3. fixace ukázala, že jestliže se jedná o diagram, jehož grafické objekty jsou vždy stejné či podobné, třetí fixace respondentů je na prvním grafickém objektu (obr. 19 vlevo). Ovšem pokud je jeden objekt od ostatních výrazně odlišný, vzbudí zájem respondentů. Jedná se především o zelený obdélník značící vypnutý prvek (obr. 19 vpravo).



Obr. 19 Heatmap 3. Fixace pro komponentu Workflow Designer

Statistickou analýzou dat u free viewing diagramů bylo zjišťováno, zda počet fixací je závislý na počtu grafických objektů. Korelační test prokázal, že mezi vybranými charakteristikami není žádná závislost. Pearsonův korelační koeficient vyšel 0.02064293. Pomocí Wilcoxonova testu byl hodnocen rozdíl mezi free viewing diagramy a diagramy s úlohou pro metriku Fixation Duration. Hodnota p-value byla menší než 0.001, proto byl na hladině významnosti 0,05 nalezen statistický rozdíl. Průměrná doba fixace u free viewing diagramů činila 252 ms, u diagramů s úlohou byla tato hodnota vyšší 288 ms.

### 5.3 Macro Modeler

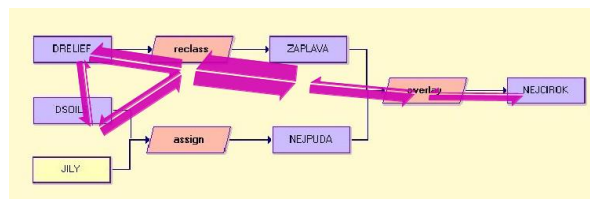
Pro komponentu Macro Modeler byl test složen z 12 stimulů pro volné prohlížení a 12 stimulů spojených s úlohou, dohromady testování obsahovalo 24 stimulů.

V práci Jany Zieglerové bylo zjištěno, že respondenti mají značný problém rozeznat objekty typu rastr a dynamická proměnná, vektor a soubor atributových hodnot. Žádné potíže nedělalo označit příkaz, který dokázali označit velmi rychle, naopak problém byl u vektoru s atributem, jenž mají podobný odstín barvy.

U této komponenty byly definovány tyto hypotézy:

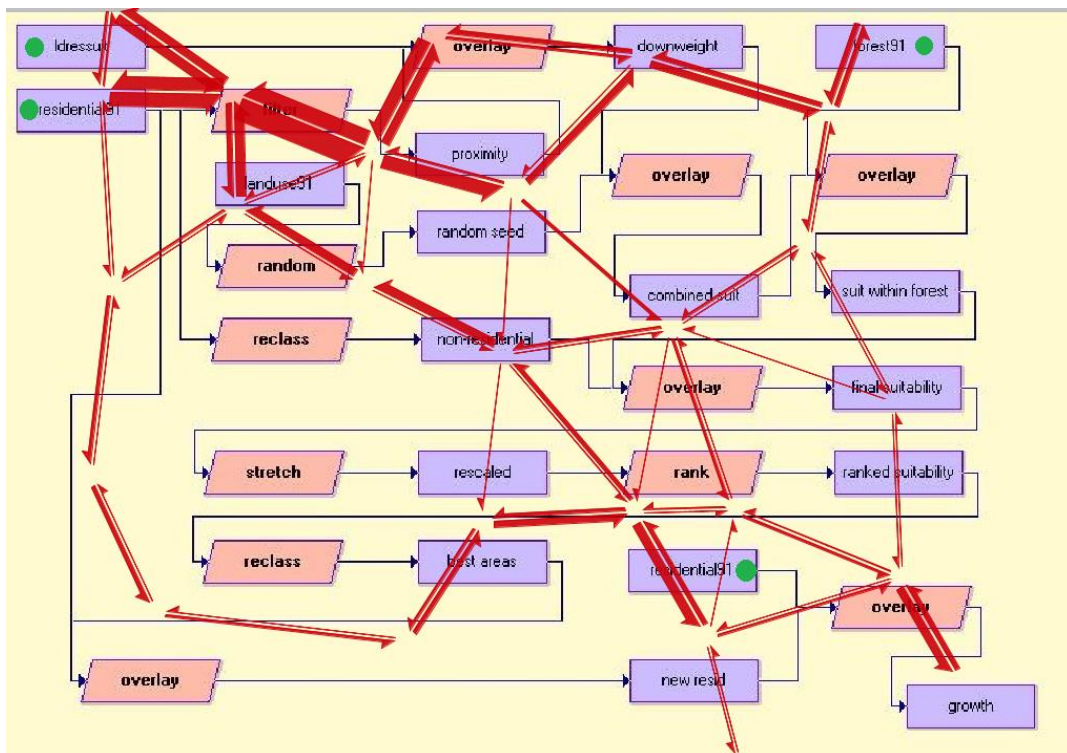
- 1. Respondenti budou číst diagram ve směru šipek označujících tok dat**
- 2. Respondenty upoutají objekty s neobvyklou barvou**
- 3. Délka trvání trialu bude závislá na počtu objektů v diagramu**

U komponenty Macro Modeler jsou objekty řazeny automaticky a to vedle sebe nebo pod sebe, nelze měnit jejich pozici. Analýza free viewing diagramů pomocí metody Flow map ukázala, že snaha o porozumění diagramů je ve směru, jež definují šipky mezi jednotlivými objekty. Tedy respondenti čtou diagram ve směru zleva doprava a to vždy od nejvyšší řady definované objekty (obr. 20).



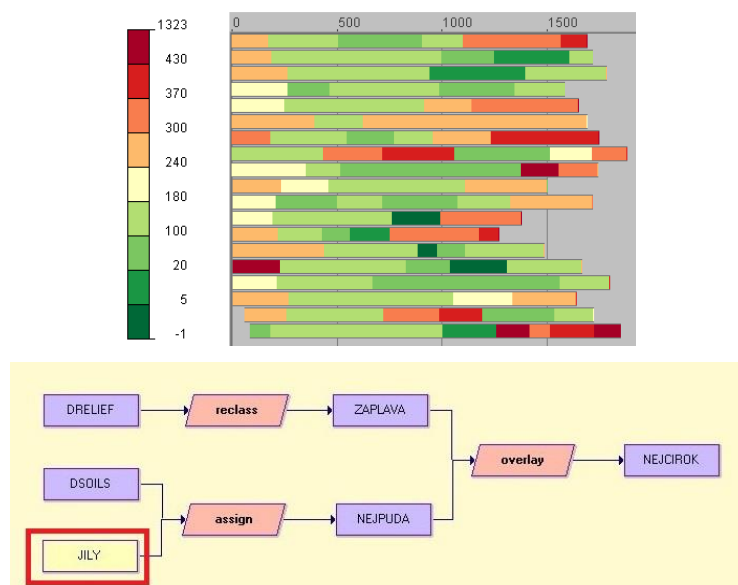
Obr. 20 Ukázka Flow map free viewing diagramu komponenty Macro Modeler

Čtení diagramů s úlohou bylo značně odlišné, kdy respondenti také zahájili hledání odpovědi v levém horním rohu, ale poté už pokračovali směrem umožňující najít správnou odpověď. To lze vidět na Flow map pro diagram č. 2 (obr. 21), jenž se skládal z mnoha grafických objektů. Respondentům byl zadán úkol označit všechny vstupní rastry (označeny zelenou tečkou), které byly umístěny v různých místech diagramu. Ze všech 18-ti respondentů zcela správně splnili úkol pouze dva, ostatní jen z části. To proto, že se pohybovali především na začátku diagramu, což naznačuje způsob uvažování respondentů o tom, že vstupní hodnoty či vrstvy jsou vždy na počátku. Nedostatkem může také být, že jednotlivé typy grafických objektů nejsou rozlišeny rozdílným tvarem ani barvou.



Obr. 21 Flow map pro diagram spojený s úlohou

Metoda TVT dokazuje, že respondenty neupoutá objekt, který se od ostatních liší svou barvou (nezvyklou barvou), jak se předpokládalo. Pouze tři respondenti zpozorovali tento objekt světle žluté barvy (obr. 22), který se nacházel v levé dolní části diagramu. Graf ukazuje, že mnoho respondentů bylo kousek od něho. Je to proto, jak bylo řečeno výše, že čtení diagramů je z levého horního rohu a tedy ani neobvyklý objekt respondenty nezaujme.



Obr. 22 Metoda TVT ukazující vzdálenost od neobvyklého prvku (nahore) a diagram s daným prvkem (dole)

Při **statistickém hodnocení** pomocí korelačního testu byla zkoumána závislost mezi délkou trvání trialu a počtem objektů. Korelační koeficient vyšel 0.4736647, dá se tedy říct, že určitá závislost mezi charakteristikami byla nalezena. Pro další statistickou analýzu byly vybrány vždy dva zcela stejné diagramy, jež byly v části free viewing i v části spojené s úlohou. Celkem bylo zhodnoceno pět dvojic diagramů pomocí Wilcoxonova testu pro metriku Fixation Duration. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn pouze u jedné dvojice (tab. 7). Následně byl testován rozdíl mezi free viewing diagramy a diagramy s úlohou pro metriky Fixation Duration, Fixation Count a Scanpath Length. Na hladině významnosti 0,05 byl nalezen statistický významný rozdíl u všech zkoumaných metrik. Je tedy zřejmé, že záleží na tom, zda je diagram pouze volně prohlížen a tím, když jsou ovlivněni respondenti určitým úkolem.

Tab. 7 Porovnání free viewing diagramů a diagramů s úlohou pomocí Wilcoxonova testu

<b>FixationDuration</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>p-value</b>	<b>výsledek</b>
diagram 06 -- free	0,05	0,3249	$H_0$ nelze zamítnout
diagram 3 - úloha			
diagram 07 - free	0,05	0,665	$H_0$ nelze zamítnout
diagram 5 - úloha			
diagram 08 - free	0,05	0,2582	$H_0$ nelze zamítnout
diagram 7 - úloha			
diagram 11 - free	0,05	0,01	zamítáme $H_0$
diagram 11 - úloha			
diagram 12 - free	0,05	0,0038	$H_0$ nelze zamítnout
diagram 10 - úloha			

## 5.4 Model Maker

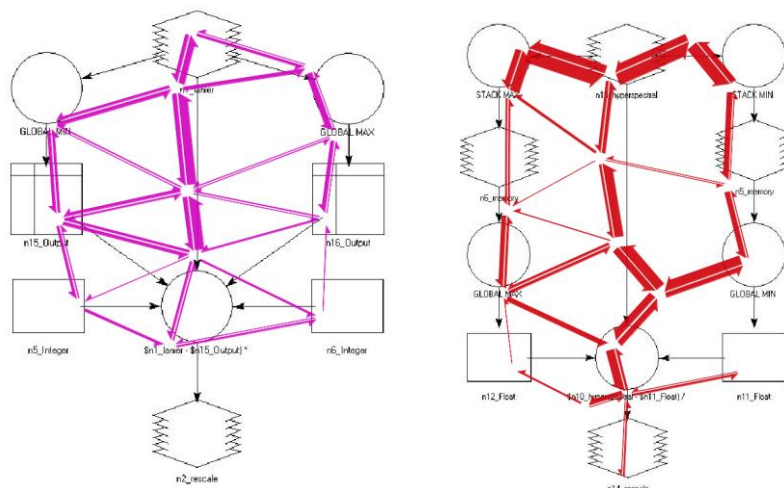
V komponentě Macro Modeler, která je součástí programu Idrisi, bylo testováno celkem 24 stimulů, kde 12 stimulů bylo formou free viewing a 12 stimulů se zadanou úlohou.

V rámci již provedené analýzy naměřených dat v práci Jany Zieglerové bylo zjištěno, že je velice obtížné najít objekt skalár, který je v diagramech málo užíván. Dále pak respondenti z větší části zaměnili objekt matice a tabulky. Větší počet fixací byl vždy na objektu druhém, než byla správná odpověď, což značí nízkou sémantickou jednoznačnost.

U této komponenty byly stanoveny tyto hypotézy:

- 1. Respondenti budou číst diagramy různým způsobem**
- 2. Začátek čtení diagramů bude vždy jinde**
- 3. Počet fixací bude růst s počtem grafických objektů**

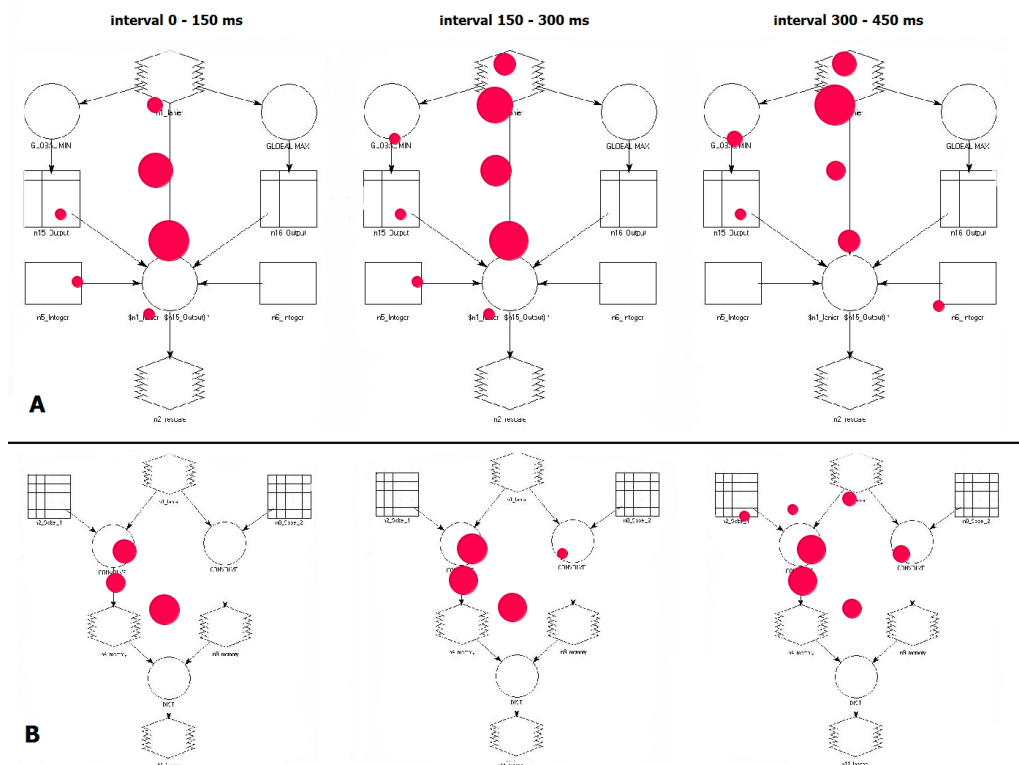
Metoda Flow map ukazuje, že v případě komponenty Model Maker styl čtení diagramů není v podstatě žádný, pouze se celoplošně pohybují směrem shora dolů. Respondenti si prohlíží tedy všechny objekty (obr. 23). Je to dané také tím, že se vyznačuje výraznou fyzickou rozlišitelností v rámci tvaru, který je představován geometrickým symbolem, a popisu, který je uváděn pod daným objektem.



Obr. 23 Flow map pro

Srovnáním několika diagramů za účelem zjištění zda respondenti začínají čtení zleva ze středu či zprava bylo zjištěno, že u volného prohlížení diagramů se respondenti zdržují v levé části diagramu. Pokud je ale diagram větší (tzn. s větším počtem objektů) a symetrický, jdou ze středu a poté se rozdělují na určitou stranu (obr. 24A). U diagramů s úlohou převážná většina respondentů má snahu jít z levé strany (obr. 24B).





Obr. 24 Multiple attention maps pro komponentu Model Maker u A) free viewing diagramů a B) diagramů s úlohou

Vzhledem k tomu, že objekty se vyznačují silnou fyzickou rozlišitelností, bylo předpokládáno, že počet fixací bude růst s počtem objektů. Ovšem ověřováním korelace těchto charakteristik se závislost zcela nepotvrdila. Hodnota korelačního koeficientu byla 0.2650853. Další statistické testování bylo zaměřeno na ověření, zda průměrná délka fixace závisí s náročností úlohy. Rozmezí délky fixací u free viewing diagramů bylo 225 – 294 ms, u diagramů s úlohou 226 – 310 ms. Nejprve pomocí Kruskal-Wallisova testu byly porovnávány odděleně obě dvě části testu zvlášť. Analýza u free viewing diagramů neprokázala žádný významný statistický rozdíl. Naopak u diagramů s úlohou bylo nalezeno rozdílů hned v několika případech.

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis

p.value: 0.05

Comparisons

	obs.dif	critical.dif	difference
ot4-ot5	79.631579	71.44422	TRUE
ot4-ot8	96.421053	71.44422	TRUE
ot4-ot9	72.842105	71.44422	TRUE
ot5-ot7	84.099415	72.42970	TRUE
ot5-ot11	71.736842	71.44422	TRUE
ot7-ot8	100.888889	72.42970	TRUE
ot7-ot9	77.309942	72.42970	TRUE
ot8-ot11	88.526316	71.44422	TRUE



Nejdelší průměrná doba fixace, jak ukazuje výsledek testu, byla u diagramů č. 4, který byl složen ze tří objektů a diagram č. 11, jenž se skládal z deseti objektů. Tyto diagramy také měly největší počet chybných odpovědí, nezáleží tedy na tom, kolik objektů je v diagramu obsaženo. Výsledky testu potvrdily, že průměrná doba fixace souvisí s náročností úlohy. V tomto případě měli respondenti největší problém poznat, jestli bude výstup stejného typu jako vstup a prvek, který představoval kritériální funkci.

## 5.5 Processing Modeler

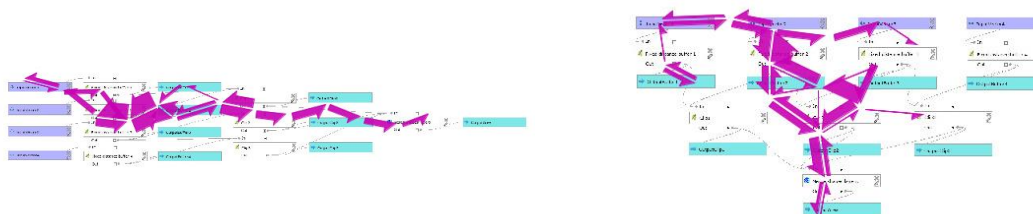
Komponenta Processing Modeler byla testována v rámci bakalářské práce Filipa Hrice, kdy test obsahoval celkem 33 stimulů, 11 stimulů respondenti tři vteřiny pouze prohlíželi a zbylých 22 stimulů bylo vázáno úlohou. Test obsahoval stimuly s diagramy, které měly stejnou funkcionalitu, ale vždy jiné uspořádání grafických objektů. Aby bylo zabráněno pamatování si odpovědi na stejné otázky, byly stimuly řazeny náhodným způsobem.

V rámci předchozího hodnocení v práci Filipa Hrice bylo zjištěno, že bílá barva označující v komponentě funkce, která může působit málo výrazným dojmem až splývající s pozadím, budí větší pozornost než ostatní výraznější barvy.

Pro komponentu Processing Modeler byly definovány tyto hypotézy:

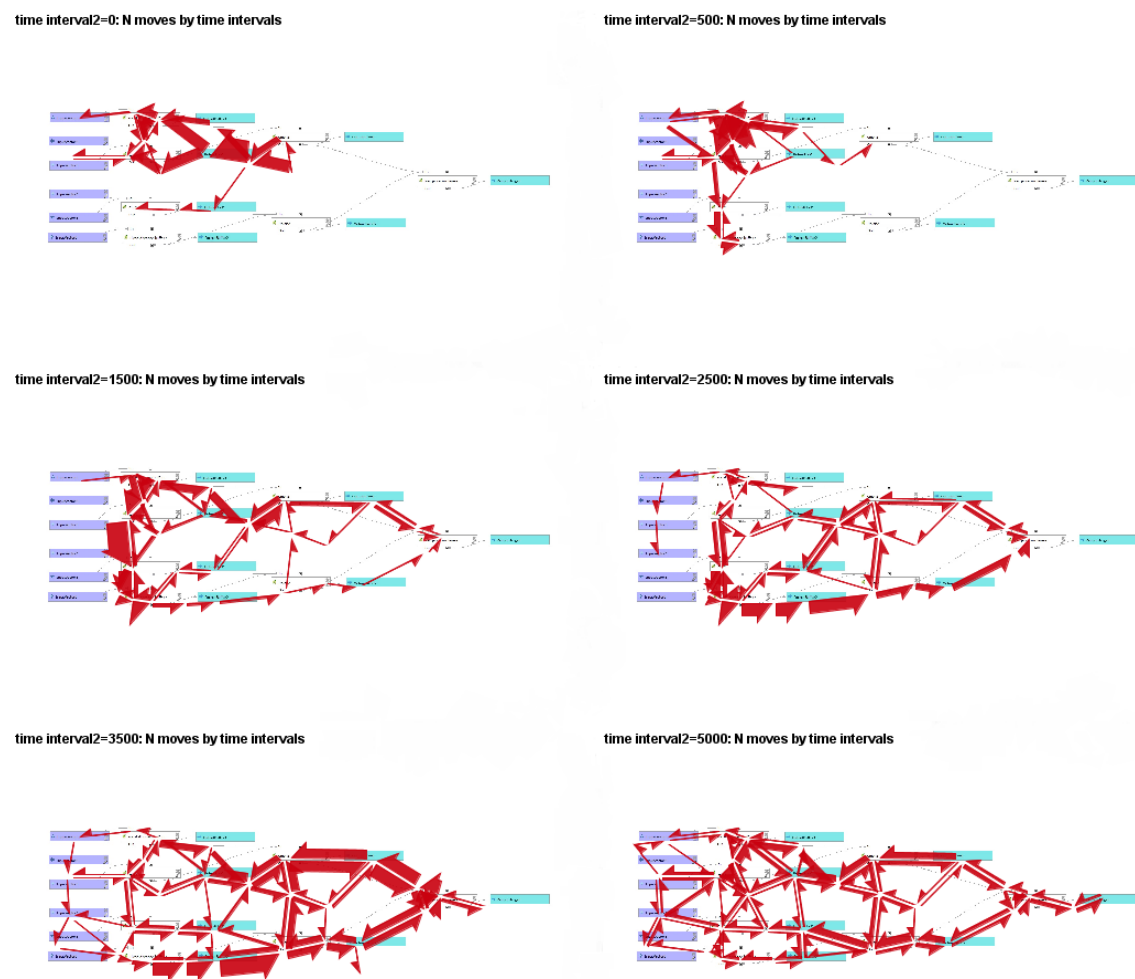
- 1. Respondenti budou číst diagram jako by četli text**
- 2. Respondenti budou spadat do stejných skupin čtení diagramu**
- 3. Vyšší hodnota průměrné délky fixace bude u obtížnějších diagramů**
- 4. Nejvhodnější uspořádáním objektů bude horizontální**

Pomocí metody Flow map bylo zjištěno, že hlavní trend čtení volně prohlížených diagramů je, jakoby četli jako knihu a to zleva doprava respektive shora dolů (obr. 25).



Obr. 25 Flow map free viewing diagramů v horizontálním a vertikálním uspořádání objektů

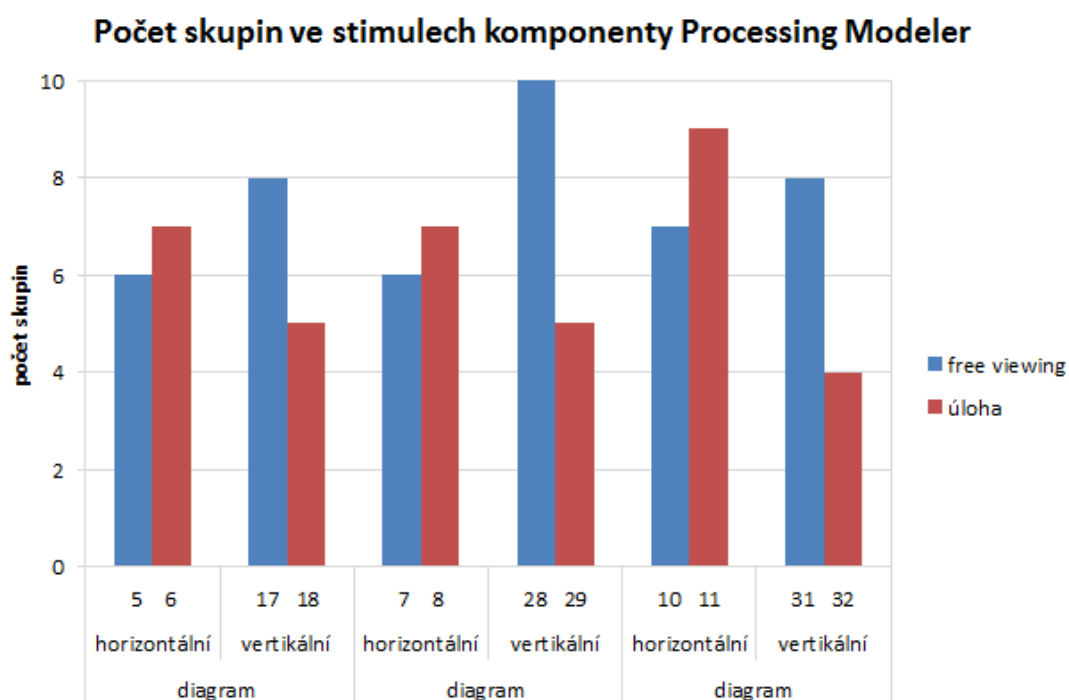
U diagramů s úlohou jsou nuceni projít celý diagram, aby našli správnou odpověď. Grafické objekty mají vždy tvar protáhlého obdélníku různé barvy a definovány jsou popisem, který v některých případech nevyplňuje celý obdélník. Respondenti tedy sledují levou část obdélníku, aby zjistili význam objektu. Pokud je čas řešení diagramů rozdělen do několika úseků, je také jasně zřetelný hlavní trend čtení. Navíc se ukázalo, že respondenti začínají z levého horního rohu, poté se jejich pozornost přesouvá do spodní části diagramu a dále postupně přes střed se dostávají až na konec diagramu (obr. 26).



Obr. 26 Multiple flow maps komponenty Processing Modeler

Při zaměření se na hypotézu zdali stejní respondenti spadají vždy do stejné skupiny a to v rámci diagramů se stejnou funkcionalitou, ale jiným uspořádáním či v porovnání stejných diagramů v části free viewing a s úlohou, bylo prostřednictvím metody Path Similarity Analysis zjištěno, že podobnost je velmi malá. Každý jedinec se chová při řešení dané úlohy jiným způsobem, nemá zafixovaný nebo naučený styl čtení resp. pochopení diagramu. Pro seskupení trajektorií byl zvolen 20% poloměr, který rozdělil

respondenty do 4 až 10 skupin. Větší rozptyl respondentů v rámci horizontálního uspořádání grafických objektů byl u diagramů s úlohou, což může značit, že podobněji se respondenti chovají v případě volného prohlížení. Naopak u diagramů s vertikálním uspořádáním byl vyšší počet skupin u free viewing diagramů.



Obr. 15 Graf počtu skupin v jednotlivých stimulech komponenty Processing Modeler

Při statistické analýze bylo zkoumáno, který ze čtyř typů uspořádání objektů je pro respondenty nejvhodnější. Prostřednictvím Kruskal-Wallisova testu byla testována každá část zvlášť, tedy pro free viewing diagramy a diagramy spojené s úlohou. U volného prohlížení pouze v metrice Scanpath Length byl nalezen rozdíl mezi jednotlivými typy uspořádání. Zjišťování rozdílů u diagramů s úlohou bylo provedeno pro čtyři metriky Trial Duration, Fixation Duration, Fixation Count a Scanpath Length. Poslední dvě zmíněné metriky vykazovaly statistický významný rozdíl. Všechny prokázané rozdíly jsou uvedeny v tabulce 8.

Tab. 8 Zjištěné statistiky významné rozdíly

Statisticky významné rozdíly	Metrika	Typ uspořádání
free	Scanpath Length	diagonální - horizontální
		diagonální - vertikální
		horizontální - vertikální
úloha	Fixation Count	horizontální - chaotické
	Scanpath Length	horizontální a vertikální

Při dalším statistickém hodnocení byla brána v úvahu metrika průměrná délka fixace za účelem zkoumání, zda vyjadřuje obtížnost řešené úlohy. Nejprve byly pomocí Kruskal-Wallisova testu porovnávány free viewing diagramy, u kterých průměrný čas se pohyboval v rozmezí 151 – 198 ms. Testování neprokázány žádné významné rozdíly. U diagramů s úlohou bylo rozpětí průměrné délky fixace 155 – 224 ms. V tomto případě byl nalezen pouze jeden rozdíl a to mezi diagramem č. 24 a č. 31. U této komponenty metrika Average Fixation Duration nevyjadřuje obtížnost daného diagramu.

## 6 VÝSLEDKY

Diplomová práce má dva hlavní výsledky. Prvním jsou zvolené a popsání metody vizualizace a statistické analýzy eye-tracking dat pro vizuální programování. Druhým výsledkem je hodnocení VPL komponent pomocí vybraných metod.

### 6.1 Vybrané metody analýz

Pro vyhodnocení dat z vizuálního programování bylo popsáno celkem pět respektive šest metod vizualizace, které byly provedeny v programech V-Analytics a Ogama. První metodou byla **Flow map**, jež umožňuje názorně zobrazit agregované trajektorie očních pohybů v podobě šipek. Na základě toho lze zjistit, jakým směrem a v jakých místech se respondenti pohybovali. Pomocí této metody byla řešena otázka stylu a způsobu čtení diagramů. Pro hlubší zkoumání byla použita metoda **Multiple flow map**, která znázorňuje jednotlivé Flow map v několika časových intervalech. Díky tomu je možné určit, kde byl začátek respektive konec řešení daného diagramu. Obdobnou metodou je **Multiple attention map**, která oproti předchozímu způsobu studování diagramů nezobrazuje pohyb respondentů v jednotlivých intervalech, ale počet návštěv v definovaných oblastech diagramu. Podává představu o tom, co respondenty v daném časovém úseku nejvíce zajímalo. Další metoda, která také znázorňuje pozornost respondentů, je **třetí fixace**. Tato forma zkoumání dává možnost zjistit, zda diagram obsahuje prvek, který budí zájem respondentů. Pro vyhodnocení podobnosti jednotlivých respondentů byla použita metoda **Path Similarity Analysis**, jež umožňuje rozdělit respondenty do několika skupin na základě vypočítané matice vzdáleností. Prostřednictvím toho bylo prověřováno, zda respondenti řeší dané úkoly podle určitého klíče. Poslední aplikovanou metodou byla **Temporal view of trajectories**, která v podobě sloupcového segmentového grafu představuje čas a vzdálenost od hledaného objektu v diagramu.

Při statistické analýze byla vyhodnocována pomocí korelačního testu závislost vybraných charakteristik. Pro párové porovnávání byl použit Wilcoxonův test, pokud bylo nutné porovnat více prvků, byl využit Kruskal-Wallisův test pro mnohonásobné porovnávání.

### 6.2 Výsledky vyhodnocení VPL komponent

V komponentě **ModelBuilder** bylo zjištěno, že free viewing diagramy jsou čteny zleva doprava respektive shora dolů. Navíc pokud se jedná o diagram s více objekty tvořící několik řad, respondenti začínají od první řady. U diagramů spojených s úlohou nepřevládá žádný trend, jsou čteny různými směry v celé své ploše. Je to dané tím, že respondenti hledají správnou odpověď a jsou nuceni prozkoumat každý objekt. Také ale nemají žádný klíč nebo zavedený postup pochopení diagramů (2. hypotéza nebyla

potvrzena). Bylo také shledáno, že si nejsou podobní vždy stejní respondenti (1. hypotéza nebyla potvrzena). V případě určování objektů byl větší problém najít dynamickou proměnnou. Uspořádání objektů u free viewing nemá žádný vliv na porozumění diagramů, ale pokud je potřeba najít odpověď na zadanou úlohu je nejvhodnějším uspořádáním vertikální (3. hypotéza nebyla potvrzena).

V komponentě **Workflow Designer** free viewing diagramy jsou čteny vlevo od pomyslné čáry symetrie shora dolů (1. hypotéza byla potvrzena). Pouze jednou bylo zaznamenáno, že respondenty nejprve upoutal výrazný prvek, čímž byl zelený obdélník přes celý grafický objekt, který značí vypnutý prvek (2. hypotéza byla potvrzena). Jestliže byli respondenti ovlivněni úlohou, čtení diagramu se odvíjelo podle toho, co bylo nutné nalézt, začátek byl vždy na jiném místě (1. hypotéza nebyla potvrzena). Problém bylo také označit začátek diagramu, kdy někteří vyznačili objekt definující spojení do datového skladu. Statistickým hodnocením bylo potvrzeno, že počet fixací není závislý na počtu objektů v diagramu a také průměrná délka fixací je podstatně vyšší u diagramů s úlohou (3. hypotéza nebyla potvrzena).

V komponentě **Macro Modeler** bylo shledáno, že čtení free viewing diagramů je ve směru šipek označující tok dat, který je v podstatné většině zleva doprava, případně shora dolů (1. hypotéza byla potvrzena). U diagramů s úlohou byl způsob porozumění odlišný, protože bylo nutné nalézt správnou odpověď. Respondenti nesledovali směr toku dat, ale soustředili se na hledání dané konkrétní věci (1. hypotéza nebyla potvrzena). Dále bylo zjištěno, že pozornost nepřitáhne objekt, jenž má zcela odlišnou barvu od ostatních objektů (2. hypotéza nebyla potvrzena). Statistická analýza ukázala, že délka trvání zkoumaného diagramu závisí na počtu objektů v něm (3. hypotéza byla potvrzena).

Komponenta **Model Maker** má zcela odlišnou grafickou notaci oproti všem hodnoceným komponentám v této práci. Snaha porozumět diagramům je vždy orientována celoplošně shora dolů (1. hypotéza byla potvrzena). Pouze u free viewing diagramů je začátek čtení ve středu a následně pokračuje buď vpravo či vlevo. Naopak u diagramů s úlohou u respondentů převažuje začátek po levé straně diagramu (2. hypotéza nebyla potvrzena). Zhodnocením korelace mezi počtem fixací a počtem objektů se ukázalo, že tyto charakteristiky nejsou na sobě závislé (3. hypotéza nebyla potvrzena). Ovšem průměrná délka fixace představuje náročnost zadané úlohy, nezáleží na tom, kolik má diagram objektů.

V poslední komponentě **Processing Modeler** bylo v případě free viewing diagramů zjištěno, že respondenti se snaží porozumět diagramům u horizontálního uspořádání objektů zleva doprava. Při vertikálním řazení objektů se orientují směrem shora dolů, kdy v případě obsáhlejších diagramů se do pravé části vůbec nedostanou (1. hypotéza byla potvrzena). V situaci diagramů s úlohou prochází celý diagram a zaměřují se vždy na levou část objektu, který je obdélníkového tvaru. Respondenti nemají vždy stejný přístup

ke čtení diagramů, tzn. že každý diagram řeší jiným způsobem (2. hypotéza nebyla potvrzena). Z výsledků statistického hodnocení vzešlo, že nezáleží na tom, zda je diagram uspořádán horizontálně nebo vertikálně (3. hypotéza byla potvrzena). Také nebylo potvrzeno, že délka fixací představuje index obtížnosti jednotlivých diagramů (4. hypotéza nebyla potvrzena).

## 7 DISKUZE

Cílem diplomové práce bylo provést další zpracování a hodnocení eye-tracking dat, jež byly naměřeny v rámci diplomových a bakalářských prací pro VPL komponenty na katedře geoinformatiky.

Pro tuto práci bylo vybráno pět VPL komponent ModelBuilder, Workflow Designer, Macro Modeler, Model Maker a Processing Modeler, kdy každá je součástí jiného programu. Vzhledem k tomu, že byla možnost otestovat další respondenty, byly testy pro ModelBuilder a Workflow Designer znovu využity. U první zmíněné komponenty byl test navíc doplněn o nové stimuly, které velmi výrazným způsobem pomohly k celkovému hodnocení komponenty.

V rámci všech komponent bylo několik stimulů s diagramy použito dvakrát pod stejným názvem, ale s jiným zadáním úlohy. Jedná se o starší testy, kdy J. Zieglerová netušila při sestavování testu problém při vyhodnocování stimulů se stejným názvem. Proto, aby nedocházelo ke špatnému hodnocení, musely být tyto nedostatky odstraněny a to tak, že byly ručně přepisovány názvy stimulů. Další problém nastal tehdy, když bylo nutné nahrát data do programu V-Analytics, ve kterém bylo z největší části provedeno hodnocení pomocí vizualizačních metod. Prostřednictvím konvertoru vytvořeného Dr. Kristien Ooms, který převádí vyexportovaná data fixací z BeGaze do dvou souborů tvořící základ projektu V-Analytics. V souboru obsahujícím informace o jednotlivých trajektoriích měli záznamy částečně posunutá údaje, jež přináležely vždy následujícímu záznamu. Z toho důvodu musel být soubor ručně opraven, aby výsledné hodnocení bylo správné. V průběhu řešení této práce bylo také možné se osobně setkat s manžely Andrinekovými na konferenci GIS Ostrava 2016. Při osobním setkání byli ochotni zodpovědět dotazy týkající se programu V-Analytics. Především se jednalo o ukládání dat vytvořených v rámci provedených analýz. Tento postup byl pak také doplněn do manuálu.

V-Analytics neslouží pouze k hodnocení eye-tracking dat, ale také především ke zkoumání například dopravní situace ve městech, pohybu lidí a dalších jevů, které představují mnohem větší objem dat. I přesto, že umožňuje velké množství metod analýz, nebyly vybrány všechny možné metody. Nabízí se zde otázka „Proč?“. Vyzkoušeno bylo velké množství metod, ale neposkytovaly dostatečné informace o studovaném jevu tedy VPL komponentách. Proto byly zvoleny takové metody, které jednoznačně podávají přidanou hodnotu pro vyhodnocení kognice datových toků.

Bylo uvažováno o tom, že by pro hodnocení kognice bylo využito dotazníku zaměřujícího se na inteligence definované Howardem Earl Gardnerem, ale z časového důvodu byla tato možnost zamítnuta. Proto by se další práce mohla zabývat touto



možností hodnocení. Dále by bylo možné otestovat program na datech týkajících se nejen vizuálního programování.

Práce je přínosná především díky detailnějšímu hodnocení jednotlivých VPL komponent, jejichž testování obsahovalo velké množství dat. Dále také díky novým vizualizačním metodám hodnocení eye-tracking dat a v neposlední řadě vytvořeného manuálu pro V-Analytics.

## 8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provést další zpracování již naměřených eye-tracking dat pro vizuální programování a vyhodnotit kognici datových toků. Hlavním bodem této práce bylo vybrat metody hodnocení, otestovat je a popsat způsob použití.

Pro hodnocení byly vybrány VPL komponenty, které byly testovány v rámci již dokončených diplomových či bakalářských prací. Jednalo se o komponenty ModelBuilder, Workflow Designer, Macro Modeler, Model Maker a Processing Modeler.

Nejprve bylo nutné se seznámit s danou problematikou a s programy V-Analytics a Ogama, které jsou zaměřeny na vizuální analýzu tzv. movement dat. Bylo vybráno celkem šest metod vizualizace, které jsou vhodné pro hodnocení dat pro vizuální programování. Mezi ně patří Flow map, Multiple flow map, Multiple attention map, Path Similarity Analysis, Temporal view of trajectories a heatmap 3. fixace. Aplikováním vizualizačních metod a použitím statistických analýz byl vyhodnocen způsob pochopení a porozumění diagramů datových toků v jednotlivých komponentách. Současně byl také vytvořen manuál pro program V-Analytics.

Nakonec byly o diplomové práci vytvořeny webové stránky, jež jsou umístěny na stránkách katedry Geoinformatiky a poster s výsledky práce. Všechny vstupní a výstupní data jsou zaznamenány v digitální podobě na CD.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ANDRIENKO, Natalia. *Visual Analytics of Movement* [online]. 2014, s. 1 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:  
[http://www.uhasselt.be/Documents/datasim/Summer%20School%202014/\(L.1C\)%20Abstract-Natalia-Andrienko.pdf](http://www.uhasselt.be/Documents/datasim/Summer%20School%202014/(L.1C)%20Abstract-Natalia-Andrienko.pdf)

ANDRIENKO, G., N. ANDRIENKO, M. BURCH a D. WEISKOPF. *Visual Analytics Methodology for Eye Movement Studies: A SURVEY*. 2012 [cit. 2016-05-04]. DOI: 10.1109/TVCG.2012.276. ISBN 10.1109/TVCG.2012.276. Dostupné také z:  
[http://www.vis.uni-stuttgart.de/~weiskopf/publications/vast12\\_eyetracking.pdf](http://www.vis.uni-stuttgart.de/~weiskopf/publications/vast12_eyetracking.pdf)

ANDRIENKO, G., ANDRIENKO, N. Research on visual analysis of spatio-temporal data at Fraunhofer AIS: an overview of history and functionality of CommonGIS. [online]. 2004 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z WWW: <  
<http://geoanalytics.net/and/KDworkshopPaper2004/KDworkshop.html>.

ANDRIENKO, G., N. ANDRIENKO, P. BAK, D. KEIM, S. KISILEVICH a S. WROBEL. A conceptual framework and taxonomy of techniques for analyzing movement. *Journal of Visual Languages*. 2011, **22**(3), 213-232. DOI: 10.1016/j.jvlc.2011.02.003. ISSN 1045926x. Dostupné také z:  
[http://www.researchgate.net/publication/220578720\\_A\\_conceptual\\_framework\\_and\\_taxonomy\\_of\\_techniques\\_for\\_analyzing\\_movement](http://www.researchgate.net/publication/220578720_A_conceptual_framework_and_taxonomy_of_techniques_for_analyzing_movement)

BLASCHECK, T., K. KURZHALS, M. RASCHKE, M. BURCH, D. WEISKOPF a T. ERTL. State-of-the-Art of Visualization for Eye Tracking Data. *EuroVis - STARs*. 2014. DOI: 10.2312/eurovisstar.20141173. Dostupné také z: [http://www.visus.uni-stuttgart.de/fileadmin/vis/pdf\\_s\\_fuer\\_Publikationen/State-of-the-Art\\_of\\_Visualization\\_for\\_Eye\\_Tracking\\_Data.pdf](http://www.visus.uni-stuttgart.de/fileadmin/vis/pdf_s_fuer_Publikationen/State-of-the-Art_of_Visualization_for_Eye_Tracking_Data.pdf)

BURCH, Michael, Andreas KULL, Daniel WEISKOPF, D. KEIM, S. KISILEVICH a S. WROBEL. AOI Rivers for Visualizing Dynamic Eye Gaze Frequencies. *Journal of Visual Languages*. 2011, **22**(3), 213-232. DOI: 10.1111/cgf.12115. ISBN 10.1111/cgf.12115. ISSN 1045926x.

DOBESOVA, Zdena. *Data flow diagrams in geographic information systems: a survey*. DOI: 10.5593/SGEM2014/B21/S8.069. ISBN 10.5593/SGEM2014/B21/S8.069. Dostupné také z: <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article4066>

DOBESOVA, Zdena. *DATA FLOW DIAGRAMS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: A SURVEY* [online]. 2014 [cit. 2016-05-04]. DOI: 10.5593/SGEM2014/B21/S8.069. Dostupné z: <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article4066>

DOBEŠOVÁ, Zdena. *Visual programming language in geographic information systems. Recent Researches in Applied Informatics* [online]. 2011, s. 276-280 [cit. 2016-05-04]. ISBN 978-1-61804-034-3. Dostupné z: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Prague/AICT/AICT-47.pdf>

DOBEŠOVÁ, Zdena. *Visual Programming for novice programmers in geoinformatics*. 2012, 433-440p. ISSN 1341-2704, DOI: 10.5593/sgem2012

DOBESOVA, Zdena, Lucia LACKOVA a Martin MALCIK. *Perception and cognition of different types of graphic notations as a source of information in applied informatics*. DOI: 10.1109/SACI.2015.7208201. ISBN 10.1109/SACI.2015.7208201. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7208201>

DOBESOVA, Z. a P. DOBES. *Comparison of visual languages in Geographic Information Systems*. 2014 [cit. 2016-05-04] DOI: 10.1109/VLHCC.2012.6344536. ISBN 10.1109/VLHCC.2012.6344536. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6344536>

DOBESOVA, Zdena a Petr DOBES. *Differences in Visual Programming for GIS*. 2014 [cit. 2016-05-04] DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.519-520.355. Dostupné také z: <http://www.scientific.net/AMM.519-520.355>

GIANNOTTI, Fosca. a Dino. PEDRESCHI (eds.). *Mobility, data mining and privacy: geographic knowledge discovery*. Berlin: Springer, c2008. s. 435- 410. ISBN 978-3-540-75177-9.

*Guidelines for eye tracking analysis method selection and use depending on analysis tasks* [online]. 2012 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:  
<http://geoanalytics.net/and/papers/vast2012em/guidelines/guidelines.html>

HRIC, Filip. *Hodnocení QGIS Processing Modeler podle principů fyzické notace* [online]. Olomouc 2015 [cit. 2016-05-04]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z:  
[http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/hric15/text/bp15\\_hric.pdf](http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/hric15/text/bp15_hric.pdf)

KUDEĽKA, Václav. *Srovnání vizuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2014-07-28]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky. Dostupné z:  
[http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kudelka13/data/kudelka\\_bp.pdf](http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kudelka13/data/kudelka_bp.pdf)

LITSCHMANNOVÁ, Martina. *Úvod do statistiky* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: [http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod\\_do\\_statistiky.pdf](http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod_do_statistiky.pdf)

OTEVŘELOVÁ, Adéla. *Eye tracking vyhodnocení salience a interaktivní práce ve vizuálních programovacích jazycích* [online]. Olomouc 2014 [cit. 2016-05-04]. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z: [http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/otevrelova14/files/otevrelova\\_dp.pdf](http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/otevrelova14/files/otevrelova_dp.pdf)

POPELKA, Stanislav. *Hodnocení 3D vizualizací v GIS s využitím sledování pohybu očí*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4803-9.

ŠIMONÍK, David. *Hodnocení grafické notace ArcGIS Diagrammer podle principů fyzických dimenzí* [online]. Olomouc 2014 [cit. 2014-07-28]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z:  
[http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/simonik14/download/bp14\\_simonik.pdf](http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/simonik14/download/bp14_simonik.pdf)

*V-Analytics (a.k.a. CommonGIS)* [online]. 2010 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z:  
<http://www.ogama.net/node/3>

VOßKÜHLER, Adrian. *OGAMA: open gaze and mouse analyzer* [online]. 16.05.2015 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.ogama.net/>

WOODING, David S. Eye movements of large populations: II. Deriving regions of interest, coverage, and similarity using fixation maps. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. 2002, , 518 - 528. DOI: 10.3758/BF03195481. Dostupné také z: <http://link.springer.com/article/10.3758/BF03195481#page-1>

WOODING, David S., Andreas KULL, Daniel WEISKOPF, D. KEIM, S. KISILEVICH a S. WROBEL. Fixation maps. *Journal of Visual Languages*. 2011, **22**(3), 213-232. DOI: 10.1145/507072.507078. ISBN 10.1145/507072.507078. ISSN 1045926x. Dostupné také z: [https://www.researchgate.net/publication/220810993\\_Fixation\\_maps\\_Quantifying\\_eye-movement\\_traces](https://www.researchgate.net/publication/220810993_Fixation_maps_Quantifying_eye-movement_traces)

ZIEGLEROVÁ, Jana. *Vyhodnocení eye tracking testování vizuálních programovacích jazyků* [online]. Olomouc 2014 [cit. 2016-05-04]. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z: [http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/zieglerova14/files/Zieglerova\\_DP.pdf](http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/zieglerova14/files/Zieglerova_DP.pdf)

# **PŘÍLOHY**

# SEZNAM PŘÍLOH

## Volné přílohy

Příloha 1 Poster

Příloha 2 Manuál V-Analytics

Příloha 3 DVD

## Popis struktury DVD

Adresáře:

- BeGaze\_projekty
- Metadata
- Nove\_diagramy\_ModelBuilder
- Ogama\_projekty
- Prilohy
- Statistika
- Text
- V-Analytics\_projekty
- Web