

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Jana ZIEGLEROVÁ

**VYHODNOCENÍ EYE TRACKING TESTOVÁNÍ
VIZUÁLNÍCH PROGRAMOVACÍCH JAZYKŮ**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Zdena Dobešová, PhD.

Olomouc 2014

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracovala samostatně pod vedením Ing. Zdeny Dobešové, 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 19. srpna 2014

Jana ZIEGLEROVÁ

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana ZIEGLEROVÁ**
Osobní číslo: **R120622**
Studijní program: **N1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika**
Název tématu: **Vyhodnocení eye tracking testování vizuálních programovacích jazyků**
Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Studentka provede přípravu testů pro eye tracking testování různých vizuálních programovacích jazyků používaných v GIS. Práce bude obsahovat zhodnocení VPL z hlediska principů fyzických dimenzí pro kognitivně efektivní vizuální notace. Výsledky eye tracking testů budou vyhodnoceny slovně a pomocí statistických metod.

Studentka vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořila nebo získala 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 studentka vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle šablony dostupné na webových stránkách katedry. Na závěr diplomové práce připojí studentka jednostránkové resumé v anglickém jazyce, které shrne hlavní použité metody a výsledky práce.

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

Holmquist, 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.
Kudělka, V. (2013): Srovnání vizuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí, bakalářská práce, Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc.
Moody, D. (2009): Theory Development in Visual Language Research: Beyond the Cognitive Dimensions of Notations, 2009 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC).
Moody, D. (2010): The "Physics" of Notations: A Scientific Approach to Designing Visual Notations in Software Engineering, ICSE '10, Cape Town, South Africa.
Zieglerová, J. (2012): Vybrané aspekty uživatelského vnímání kartografických produktů, bakalářská práce, Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: **12. prosince 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. dubna 2014**

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

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

L.S.


Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 12. prosince 2012

OBSAH

ÚVOD	6
1 CÍLE PRÁCE.....	7
2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	8
2.1 Použitá data.....	8
2.2 Použité programy.....	8
2.3 Postup zpracování.....	9
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	10
3.1 Eye-tracking testování VPL komponent.....	10
3.2 Fyzické dimenze.....	11
4 HODNOCENÍ VPL KOMPONENT.....	19
4.1 Model Maker.....	19
4.2 Macro Modeler.....	22
4.3 ModelBuilder.....	25
4.4 Workflow Designer.....	27
5 HODNOCENÍ EYE–TRACKING TESTOVÁNÍ.....	31
5.1 Slovní hodnocení eye-tracking testování.....	31
5.2 Statistické hodnocení eye-tracking testování.....	43
6 VÝSLEDKY.....	52
7 DISKUZE.....	55
8 ZÁVĚR.....	57
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
SUMMARY	
PŘÍLOHY	

ÚVOD

Vizuální programovací jazyky jsou dnes již standardní součástí programů používaných v GIS. Jejich výhodou je, že uživatel nemusí znát syntaxi programovacího jazyka a pracuje pouze s grafickými symboly, které mu daná komponenta nabízí. Dá se tak vytvořit mnoho operací, které je poté možné uložit a znovu spustit. Je ale nutné, aby grafické symboly, které daná komponenta nabízí, dokázal uživatel snadno rozlišit a mohl je tedy účelně používat. Existuje několik přístupů, jak tuto problematiku hodnotit. Práce se zaměřuje na fyzické vlastnosti notace, které by měly být navrženy tak, aby co nejvíce splňovaly kognitivní efektivnost. K tomu je definováno devět principů fyzických dimenzí, které navrhl Daniel L. Moody.

Pomocí metody eye-tracking lze provést objektivní hodnocení dané problematiky a z výsledků testování potvrdit nebo vyvrátit předem určené předpoklady. V této práci je hlavní náplní právě příprava, průběh a vyhodnocení eye-tracking testování vizuálních programovacích jazyků v GIS.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je provést hodnocení eye-tracking testování různých vizuálních programovacích jazyků používaných v GIS z hlediska principů fyzických dimenzí pro kognitivně efektivní vizuální notace. Pro vyhodnocení jsou použity fyzické dimenze podle Daniela L. Moodyho.

Nejprve je cílem zpracovat rešerši problematiky vizuálních programovacích jazyků používaných v GIS, zabývající se také uplatněním eye-tracking testování VPL komponent a podrobné popsání principů fyzických dimenzí podle Daniela L. Moodyho.

V praktické části připravit diagramy datových toků pro eye-tracking testování jednotlivých VPL komponent z hlediska fyzických dimenzí a samotná realizace eye-tracking testování.

Následně jednotlivé VPL komponenty zhodnotit podle principů fyzických dimenzí a vyhodnotit výsledky z eye-tracking testování slovně a pomocí statistických metod. Výsledky práce vhodně okomentovat a doplnit názornými ilustracemi.

2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Pro zpracování této diplomové práce bylo v prvním kroku stěžejní nastudování literatury týkající se problematiky vizuálních programovacích jazyků v GIS a také principy fyzických dimenzí pro kognitivně efektivní vizuální notace. Vybrány byly čtyři VPL (Visual Programming Language) komponenty a pro každou byly postupně připraveny diagramy pro eye-tracking testování. Následně byly tyto VPL komponenty vyhodnoceny podle principů fyzických dimenzí a výsledky eye-tracking testování byly vyhodnoceny slovně a pomocí statistických metod.

2.1 Použitá data

K přípravě sad diagramů pro eye-tracking testování byla použita jednak data poskytovaná přímo daným softwarem jako ukázková data, která byla již součástí instalačních balíčků programů ERDAS Imagine 2013 (komponenta Model Maker) a Idrisi 17.0 The Selva Edition (komponenta Macro Modeler) a jednak digitální geografická databáze České republiky ArcČR 500 v3.1, případně ArcČR 500 v2.0 při tvorbě diagramů v komponentě ModelBuilder (ArcGIS 10.1 For Desktop Advanced) a Workflow Designer (AutoCAD Map 3D 2014).

2.2 Použité programy

Pro účely testování různých vizuálních programovacích jazyků v GIS byly vybrány čtyři VPL komponenty, vyskytující se v softwarech, které jsou k dispozici na učebnách Katedry Geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. První testovanou VPL komponentou byl Model Maker, který je součástí programu ERDAS Imagine 2013 od firmy Integraph, jenž je dceřinnou společností švédské společnosti Hexagon AB. Obsahuje také další VPL komponentu Spatial Model Editor, která je novější a v programu se vyskytuje až od novějších verzí. Déle používanou VPL komponentou v tomto programu je tedy Model Maker, proto byl také vybrán pro účely testování. Druhým vybraným softwarem je Idrisi 17.0 The Selva Edition s implementovanou VPL komponentou Macro Modeler. Software byl vyvinut Clark Labs na americké výzkumné univerzitě Clark University. Třetí použitou VPL komponentou byl ModelBuilder, jenž je součástí programu ArcGIS 10.1 for Desktop Advanced od americké společnosti ESRI. Poslední komponentou byl Workflow Designer, který byl použit s verzí programu AutoCAD Map 3D 2014 od americké firmy Autodesk.

Eye-tracking testování probíhalo ve speciální laboratoři s eye-tracking vybavením na Katedře Geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. Byl použit přístroj RED 250 od společnost SMI se sadou programů SMI Experiment Suite™ 360°. Pro nadefinování testu slouží program SMI Experiment Center™, k vizualizaci výsledků potom SMI BeGaze™. V programu SMI iView X™ probíhá technická příprava samotného testování, tedy nastavení spojení mezi snímací kamerou a respondentem. Jako návod k programovému vybavení laboratoře byl použit *Manuál k produktu SMI Experiment*

Suite, který je přílohou bakalářské práce *Implementace nástrojů SMI Experiment Suite 360° pro hodnocení mapové kompozice* (Kotyz, 2013). Vizualizace výsledků byla realizována spíše v open source programu Ogama 4.4, do kterého je možné výsledky z eye-tracking testování nahrát. K programu je k dispozici návod v angličtině přímo od autora programu (Voßkübler, 2009) a český návod, který je součástí bakalářské práce *Využití open-source nástrojů pro přípravu, průběh a vyhodnocení eye-tracking experimentů* (Kučera, 2014). Pro závěrečné statistické hodnocení byl použit program RStudio ve verzi 0.98.945, což je integrované pracovní prostředí pro jazyk R.

2.3 Postup zpracování

Postup zpracování této diplomové práce byl následující:

- studium literatury zabývající se problematikou vizuálních programovacích jazyků a seznámení se s principy fyzických dimenzí podle Daniela L. Moodyho,
- tvorba rešerše o dané problematice a podrobné popsání jednotlivých principů fyzických dimenzí,
- vytvoření sad diagramů pro eye-tracking testování čtyř vybraných VPL komponent,
- před testováním proběhlo základní seznámení studentů s grafickým prostředím, tvorbou diagramů a také několik samostatných cvičení pro VPL komponenty Model Maker a Macro Modeler, které nebyly v žádném předmětu na KGI vyučovány,
- realizace eye-tracking testování pro čtyři vybrané VPL komponenty,
- aplikace principů fyzických dimenzí na čtyři vybrané VPL komponenty,
- analýza výsledků eye-tracking testování a vyhodnocení slovně a pomocí statistických metod,
- vytvoření webových stránek diplomové práce,
- vytvoření posteru diplomové práce.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Problematikou vizuálních programovacích jazyků se na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci zabývá Ing. Zdena Dobešová, Ph.D. V článku *Visual Programming Language in Geographic Information Systems* (Dobešová, 2011) je uvedeno, že vizuální programování představuje především specifický způsob, jak zkonstruovat několik kroků při zpracování dat. Myšlenka vizuálního programování je založena jednak na grafickém zastoupení jednotlivých kroků a za druhé na jednoduché grafické konstrukci algoritmu.

Další článek *Differences in visual programming for GIS* (Dobešová a Dobeš, 2014) se zabývá rozdíly mezi VPL komponentami GIS programů ArcGIS for Desktop a AutoCAD Map 3D.

Podrobný popis vybraných čtyř VPL komponent se objevuje v bakalářské práci *Srovnání vizuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí* (Kudělka, 2013).

3.1 Eye-tracking testování VPL komponent

Používání metody eye-tracking se stává poslední dobou stále oblíbenější. Nejprve byl eye-tracking na Katedře geoinformatiky využíván hlavně v oblasti kartografie, ale v dalších výzkumech se uplatnila i možnost testovat vizuální programovací jazyky a jejich komponenty v GIS.

Pod vedením Ing. Zdeny Dobešové, Ph.D již vzniklo několik prací zabývajících se problematikou eye-tracking testování VPL komponent. Nejnovější je diplomová práce *Eye-tracking vyhodnocení salience a interaktivní práce ve vizuálních programovacích jazycích* (Otevřelová, 2014). V této práci je poprvé v kontextu s vizuálními programovacími jazyky otestován nový pojem salience, neboli míra nápadnosti. Bylo zjištěno, že respondenti byli při testování ve velké míře ovlivněni způsobem čtení diagramů nikoliv samotnou nápadností objektů.

V bakalářské práci *Hodnocení grafické notace ArcGIS Diagrammer podle fyzických dimenzí* (Šimoník, 2014) je také využito eye-tracking testování, kdy v druhé části práce autor srovnává hodnocení VPL komponenty ArcGIS Diagrammer podle fyzických notací s výsledky testování pomocí metody eye-tracking. Podařilo se mu pomocí metody eye-tracking potvrdit některá tvrzení vzniklá na základě vyhodnocení podle fyzických dimenzí.

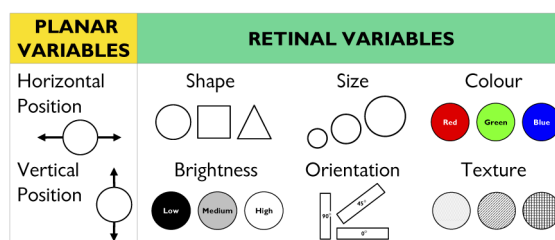
V další bakalářské práci (Kudělka, 2013), která byla mimochodem první prací zabývajících se danou problematikou na katedře, byl použit eye-tracking na VPL komponenty ModelBuilder (ArcGIS for Desktop) a Workflow Designer (AutoCAD Map 3D). Poté byly výsledky vyhodnoceny na základě kognitivních dimenzí, konkrétně byl použit dotazník pro hodnocení vizuálního programování Cognitive Dimensions Questionnaire (Blackwell a Green, 2007).

Ze zahraničních publikací se vyhodnocení experimentálního testování různých UML diagramů (dobrých a špatných ve smyslu uspořádání) věnuje článek *On the Impact of Layout Quality to Understanding UML Diagrams: Diagram Type and Expertise* (Störrle, 2012). Eye-tracking metodou se dále zabývá zahraniční publikace *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures* (Holmqvist a kol., 2011).

3.2 Fyzické dimenze

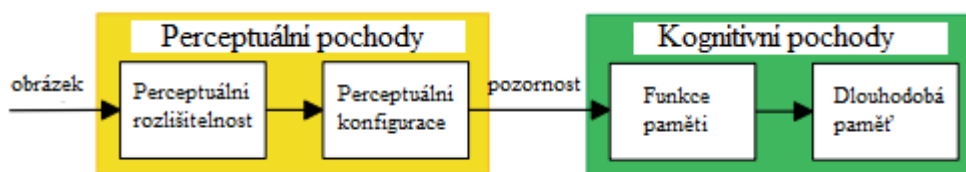
Fyzické dimenze, neboli „Physics of notation“, definoval holandský vědec Daniel L. Moody. Vytvořil skupinu principů pro vytváření kognitivně efektivní vizuální notace. Jsou více založeny na fyzických (perceptuálních) vlastnostech notace, než na jejich logických (sémantických) vlastnostech. Může se využít pro vyhodnocení, porovnání a vylepšení existujících vizuálních notací nebo také k vytvoření nových. Kognitivní efektivnost je definována jako rychlost, jednoduchost a přesnost, s jakou může být daná informace zpracována lidským mozkem (Larkin a Simon, 1987).

Principy fyzické notace vychází z deskriptivní teorie, která se zabývá tím, jak vizuální notace komunikuje. Skládá se ze dvou základních postupů a to zakódování (vyjádření) a dekodování (interpretace) informace. V praxi to probíhá tak, že tvůrce zakóduje informaci do podoby diagramu a uživatel ji dekoduje. Diagram je zakódován pomocí vizuální notace, které rozumí tvůrce i uživatel. Podle Bertin (1983) je vyjádření informace definováno pomocí návrhu, což je skupina možných grafických vyjádření pro danou informaci. Bertin také identifikoval osm vizuálních proměnných, které mohou být využity v grafickém vyjádření informace. Jsou rozděleny na rovinné (horizontální a vertikální pozice) a vzhledové (tvar, velikost, barva, jas, orientace a textura) proměnné, což lze vidět na Obr. 1.



Obr. 1: Grafické vyjádření informace (zdroj: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TSE.2009.67>)

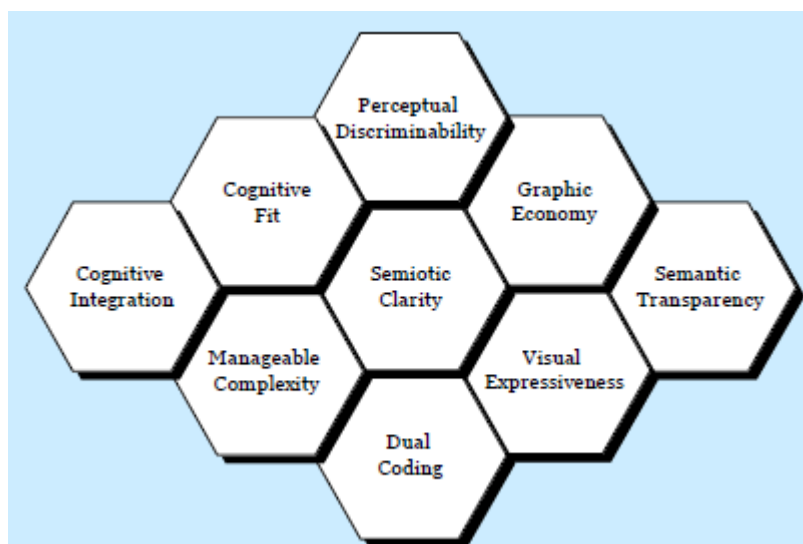
Proces zpracování vizuální notace lidským mozkem je rozdělen na dvě fáze, a to perceptuální a kognitivní (Obr. 2). Perceptuální pochody jsou založeny na vidění a jsou automatické a velmi rychlé. Oproti tomu, kognitivní pochody vycházejí z pochopení, to znamená, že jsou již zapojeny neautomatické operace jako vědomé ovládání pozornosti, a proto probíhají pomalu a obtížněji.



Obr. 2: Zpracování vizuální notace lidským mozkem (zdroj: Šimoník, 2014 upraveno podle Moody, 2009)

Samotná teorie fyzických dimenzí ve výsledku představuje sadu devíti principů (Obr. 3):

- Princip sémiotické čistoty (Principle of Semiotic Clarity)
- Princip fyzické rozlišitelnosti (Principle of Perceptual Discriminability)
- Princip sémantické jednoznačnosti (Principle of Semantic Transparency)
- Princip řízení složitosti (Principle of Complexity Management)
- Princip kognitivní integrace (Principle of Cognitive Integration)
- Princip vizuální expresivity (Principle of Visual Expressiveness)
- Princip duálního kódování (Principle of Dual Coding)
- Princip ekonomie grafiky (Principle of Graphic Economy)
- Princip kognitivní vhodnosti (Principle of Cognitive Fit)



Obr. 3: Fyzické dimenze (zdroj: Moody, 2009)

Znázornění jednotlivých principů do tvaru „včelích plástů“ bylo záměrně použito, aby vizuálně představovalo možnost dalších úprav, např. přidání nebo odebrání principu.

Následující text, který popisuje jednotlivé fyzické dimenze, vychází z publikace (Moody, 2009).

Princip sémiotické čistoty

Základem je dodržení pravidla, že jeden symbol musí korespondovat s jedním pojmem. Pokud toto pravidlo není dodrženo, mohou nastat následující problémy:

- Nadbytečnost – je použito více grafických symbolů pro jeden pojem
- Přetížení – pro více pojmů je použit jeden stejný grafický symbol
- Přebytek – pro grafický symbol není použit žádný pojem
- Nedostatek – pro pojem není použit žádný grafický symbol

Princip fyzické rozlišitelnosti

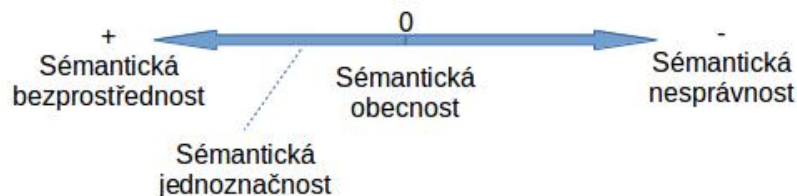
Představuje, jak jednoduše a precizně mohou být grafické symboly mezi sebou rozlišeny. Souvisí s perceptuálními pochody zpracování vizuální notace lidským mozkem (Obr. 2). Pro pochopení jsou důležité následující pojmy:

- Vizuální vzdálenost – počet vizuálních proměnných, které se od sebe odlišují a velikost rozdílů mezi nimi. Obecně platí, že čím větší vizuální rozdíl mezi symboly, tím rychleji a přesněji budou rozpoznány. Jestliže jsou rozdíly příliš jemné, mohou se objevit chyby ve výkladu.
- Tvar - představuje primární základ, na kterém můžeme identifikovat objekty v reálném světě. Tvar by měl být použit jako primární vizuální proměnná. Většina zápisů používá omezené množství tvarů, většinou varianty obdélníku, přestože má tvar největší rozsah hodnot.
- Redundantní kódování – zvýšení vizuální vzdálenosti mezi symboly použitím více vizuálních proměnných (např. tvar + barva).
- Perceptuální zvýraznění - vizuální prvky s jedinečnými hodnotami pro alespoň jednu vizuální proměnnou jsou většinou zjištěny automaticky, tyto prvky se zdají být výraznější bez vědomého úsilí. Na druhou stranu, vizuální prvky, které jsou rozlišeny podle jedinečných kombinací hodnot vyžadují sériové vyhledávání, což je mnohem pomalejší a náchylné k chybám.
- Textové rozlišení – rozlišování symbolů pomocí textu a typografických charakteristik (tučné, kurzíva, podtržení). Textová diference symbolů je běžný, ale kognitivně neefektivní způsob, jak se vypořádat s nadměrnou grafickou složitostí. Text je efektivní způsob, jak rozlišovat mezi instancí symbolů, ale ne mezi typy symbolů.

Princip sémantické jednoznačnosti

Sémantická jednoznačnost definuje do jaké míry lze význam symbolu odvodit z jeho vzhledu. Od fyzické rozlišitelnosti se značně liší, protože vyžaduje více, než jen to, aby od sebe byly symboly nějak odlišeny. Musí být rozlišeny tak, aby byl daný podnět na jejich význam, což souvisí s tzv. intuitivností. Vytvoření reprezentace podle sémantické jednoznačnosti snižuje kognitivní zátěž, protože jejich význam může být vnímán přímo nebo může být snadno odvozen. Rozlišuje se několik způsobů dodržení sémantické jednoznačnosti (Obr. 4):

- Sémantická bezprostřednost – čtenář je sám schopen odvodit význam ze vzhledu (např. panáček reprezentuje osobu).
- Sémantická obecnost – v případě, kdy je čistě libovolný vztah mezi vzhledem a významem symbolu (např. obdélníky v ER diagramu).
- Sémantická nesprávnost – pokud čtenář může odvodit špatný nebo dokonce opačný význam ze vzhledu symbolu.



Obr. 4: Schéma polohy sémantické jednoznačnosti (upraveno podle Moody, 2009)

K podpoření sémantické jednoznačnosti se používají ikony, což jsou symboly, které se perceptuálně podobají pojmům, které představují. Použitím ikon se zrychluje rozpoznání významu pojmu a zlepšuje se srozumitelnost diagramů, hlavně pro nezkušené uživatele. Lidé dávají všeobecně přednost reálným objektům před abstraktním tvarům.

Také je důležitá sémantická jednoznačnost vztahů a vazeb.

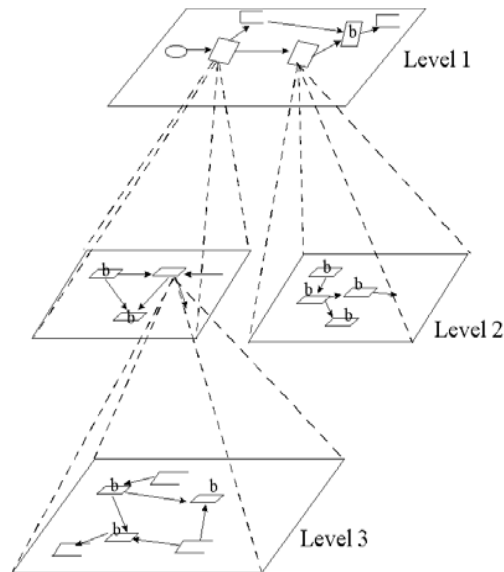
Princip řízení složitosti

Tento princip odkazuje na schopnost vizuální notace reprezentovat informaci bez přetížení lidského mozku. Problémem vizuálních reprezentací je, že nemají měřítko. Složitost se měří podle počtu objektů v diagramu. Složitost má velký vliv na kognitivní účinnost, což je množství informací, které může být účinně sděleno jedním diagramem a je omezeno lidským vnímáním a kognitivními schopnostmi:

- Percepční omezení – schopnost rozlišovat mezi objekty diagramu se zvyšuje s velikostí diagramu.
- Kognitivní omezení – počet objektů diagramu, které mohou být v daném čase pochopeny, jsou podmíněny kapacitou paměti. Při překročení nastává kognitivní přetížení a schopnost chápání se rychle snižuje.

Nadměrná složitost patří mezi hlavní překážky pro koncové uživatele k pochopení diagramů. Pro efektivní řešení složitých situací musí vizuální notace poskytovat nástroje pro modularizaci a hierarchickou strukturalizaci.

- Modularizace - způsob, jak snížit složitost velkých systémů pomocí rozdělení do menších částí nebo subsystémů.
- Hierarchická strukturalizace – umožňuje zobrazení systému v různých úrovních detailu, s použitím řízení složitosti v každé úrovni.



Obr. 5: Hierarchická strukturalizace (zdroj: Simon, 1996)

Podle Moody (2012) jsou dána následující doporučení:

1. Každý element by měl být přiřazený pouze k jednomu subdiagramu.
2. Každý subdiagram by měl pro řízení složitosti obsahovat 7 ± 2 prvků.
3. Každý subdiagram by měl mít smysluplný název.
4. Minimalizovat počet subdiagramů.

Princip kognitivní integrace

Platí v případě použití více diagramů k reprezentaci systému. Tento princip úzce souvisí s řízením složitosti, který vede k více diagramům v důsledku modularizace. Použitím více diagramů se klade větší nárok na schopnosti uživatele integrovat informace z těchto diagramů a orientovat se v nich. K tomu jsou zapotřebí následující mechanismy:

- Konceptní integrace – slouží ke shromažďování informací z jednotlivých diagramů do ucelené mentální podoby systému. Důležitým mechanismem je shrnutí diagramu, což poskytuje pohled na systém jako celek. Také se používá tzv. kontextualizace, což znamená zahrnutí kontextových informací v každém diagramu a zobrazení jeho vztahů na prvky v jiných diagramech.
- Percepční integrace – podněty, které slouží ke zjednodušení navigace a přechodů mezi diagramy. Navigace v rámci souboru diagramů používá stejné fáze jako navigace po městě, atlasu nebo webu, a to:
 - Orientace – kde jsem?
 - Volba trasy – kam mohu jít?
 - Sledování trasy – jsem na správné cestě?
 - Rozpoznání cíle – už jsem v cíli?

Správné označení diagramů usnadňuje orientaci a rozpoznání cíle. Číslování úrovní diagramů také podporuje orientaci. Navigační mapa zobrazuje všechny

diagramy a navigační cesty mezi nimi, čím podporuje orientaci, sledování trasy a rozpoznání cíle.

Princip vizuální expresivity

Vizuální expresivita je definována jako počet vizuálních proměnných použitých v zápisu. Vizuální proměnné lze rozdělit do dvou podskupin, a to proměnné nesoucí informaci a volné proměnné. Počet volných proměnných se nazývá stupeň vizuální svobody a je inverzní k vizuální expresivitě. Zápis pomocí volných proměnných se nazývá nevizuální (textový) a naopak zápis, který používá všechny vizuální proměnné je vizuálně nasycen. Většina zápisů používá pouze jednu vizuální proměnnou, nejčastěji tvar. Tvar je přitom jedním z nejslabších vizuálních proměnných, neboť může být použit pouze pro zakódování nominální hodnoty a je jedním z nejméně kognitivně účinných.

Barva je jedna z kognitivně nejefektivnějších vizuálních proměnných, protože lidský vizuální systém je velmi citlivý na rozdíly v barvě a může mezi nimi rychle a přesně rozlišovat (Mackinlay, 1986). Rozdíly v barvě jsou zjištěny třikrát rychleji než u tvaru a jsou také snadno zapamatovatelné. Nicméně, z důvodu možnosti ztráty informací např. u barvoslepých osob nebo při použití černobílého tisku, by neměla být barva použita jako jediná vizuální proměnná.

Volba vizuálních proměnných by neměla probíhat libovolně. Vhodnost kódování různých typů informace záleží na vlastnostech vizuálních proměnných. Např. barva může být použita pouze pro nominální hodnoty a každá vizuální proměnná má určenou kapacitu (počet postřehnutelných kroků).

Tabulka 1: Vlastnosti vizuálních proměnných - hodnoty byly stanoveny podle výzkumů Bertin, 1983 a Stevens, 1975 (zdroj: upraveno podle Moody, 2009)

Proměnná	Schopnost	Kapacita
Horizontální pozice	Intervalová data	10-15
Vertikální pozice	Intervalová data	10-15
Velikost	Intervalová data	20
Jas	Ordinální data	6-7
Barva	Nominální data	7-10
Textura	Nominální data	2-5
Tvar	Nominální data	neomezeně
Orientace	Nominální data	4

Princip duálního kódování

Při použití textu a grafiky společně lze zprostředkovat informaci ještě efektivněji než při použití pouhé grafiky. Textové kódování je účinné pouze při použití ve vedlejší roli,

kdy posiluje a vyjasňuje význam dané reprezentace. Text by nikdy neměl být použit samostatně pro rozlišování reprezentace (udává princip fyzické rozlišitelnosti).

Jako textové kódování lze použít:

- Anotace – obsahuje textové vysvětlení, které může zlepšit chápání diagramu. Mnohem účinnější je, pokud je daná anotace obsažena přímo v diagramu a ne odděleně, např. v samostatném dokumentu.
- Graficko-textové symboly – textové kódování může být použito k posílení a rozšíření významu grafických reprezentací.

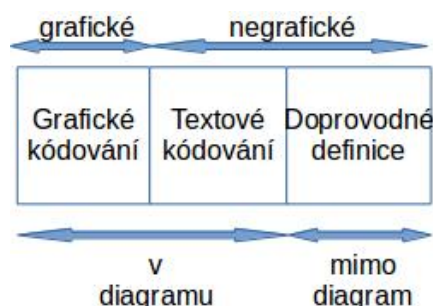
Duální kódování nemá vliv na rozlišitelnost, protože vizuální vzdálenost není ovlivněna přidáním textu. Nicméně, usnadňuje interpretaci významu symbolu a zlepšuje jeho uchování v paměti.

Princip ekonomie grafiky

Grafická složitost je definována počtem grafických symbolů v notaci, čili velikostí vizuálního slovníku. Autor notace může vytvořit neomezený počet symbolů tak, že kombinuje různé vizuální proměnné s různým způsobem jejich použití. Ale vždy při přidání nového symbolu se snižuje kognitivní účinnost. Empirické studie ukazují, že grafická složitost snižuje porozumění diagramů novými uživateli.

Lidská schopnost rozlišovat mezi různými alternativami se pohybuje kolem šesti kategorií (Miller, 1956), což je definovaná horní hranice pro grafickou složitost. Existují tři hlavní strategie pro nakládání s nadměrnou grafickou složitostí:

- Snižování sémantické složitosti – počet sémantických konstrukcí v zápisu je hlavním faktorem grafické složitosti, protože různé konstrukce jsou obvykle reprezentovány různými symboly. Zjednodušení sémantiky a zápisu tak poskytuje zřejmý způsob, jak snížit grafickou složitost.
- Vynechání symbolu – některé konstrukce se neznázorní pomocí grafiky, ale popíší se v textu. Důležitým rozhodnutím také je, kolik informací se vyjádří přímo v diagramu a kolik mimo něj.



Obr. 6: Rozdělení kódování (zdroj: upraveno podle Moody, 2009)

- Zvýšení vizuální expresivity – přístup k řešení nadměrné grafické složitosti, který pracuje nikoliv se snížením počtu symbolů, ale tím, že zvyšuje rozlišovací schopnost u člověka.

Princip kognitivní vhodnosti

Teorie uvádí, že různé reprezentace informací jsou vhodné pro různé úkoly a různé cílové skupiny. Odborníci při interpretaci diagramů používají dlouhodobou paměť a tím se proces výkladu diagramu značně automatizuje. Pro neoborníky je výklad pomalejší, více náchylný k chybám a vyžaduje vědomé úsilí. Notace určené pro nováčky potřebuje použít více rozlišitelné symboly (Princip fyzické rozlišitelnosti), snížení složitosti (Princip řízení složitosti), více mnemotechnické konvence (Princip sémantické jednoznačnosti), vysvětlující text (Princip duálního kódování) a zjednodušené vizuální slovníky (Princip ekonomie grafiky).

4 HODNOCENÍ VPL KOMPONENT

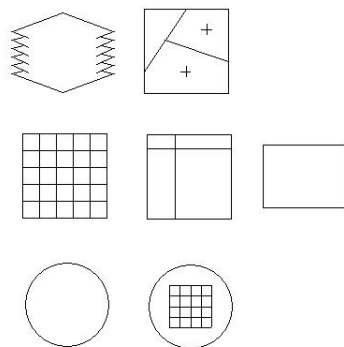
V následujícím textu budou zhodnoceny čtyři vybrané VPL komponenty (Model Maker, Macro Modeler, ModelBuilder a Workflow Designer) podle definovaných principů fyzických dimenzí (3.3 Fyzické dimenze).

4.1 Model Maker

Model Maker, který je součástí programu ERDAS Imagine od společnosti Intergraph, je objektově založený grafický nástroj pro rychlou definici rastrových a vektorových datových analýz. Je založen na modelovacím jazyku pro tvorbu skriptů SML (Spatial Modeler Language). Kombinuje GIS funkce a funkce pro zpracování obrazu a v jednom diagramu umožňuje používat rastr, vektor a atributová data. Program ERDAS Imagine 2013 obsahuje ještě další VPL komponentu Spatial Model Editor, která se diametrálně liší od testované komponenty. Používá vizuální proměnné barvu a doplňující ikony, které představují jednotlivé typy prvků. Při zadávání práce ještě nebyla tato komponenta uvažována, proto není více popsána ani není součástí testování.

Princip sémiotické čistoty

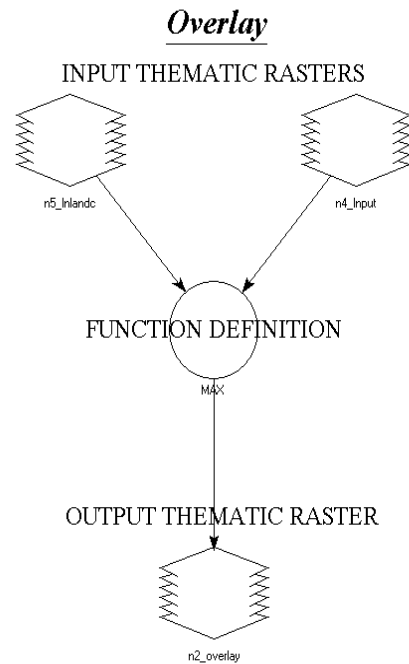
Model Maker používá sedm typů grafických symbolů, kterými jsou rastr, vektor, matice, tabulka, skalár, funkce a kriteriální funkce (po řádku zleva doprava na Obr. 7). Tento princip je dodržen, každý symbol koresponduje pouze s jedním pojmem. Problémovým symbolem může být kriteriální funkce, která kombinuje dva použité grafické symboly – matici a funkci.



Obr. 7: Typy objektů Model Maker

Princip fyzické rozlišitelnosti

Je využita pouze primární vizuální proměnná – tvar, která má však největší rozsah hodnot. Tvar některých grafických objektů je navržen tak, aby připomínal tvar skutečných objektů daného pojmu. Není využito redundantní kódování, které by bylo účelné např. pro rozlišení vstupních a výstupních prvků. Textový popis je použit pro název definovaného objektu a také se dá přidat libovolný textový popis kamkoliv do diagramu (Obr. 8). Vstupní a výstupní prvky lze tedy rozlišit pomocí textového popisu nebo pouze podle spojujících šipek. Vzhled objektů není možné uživatelsky měnit.



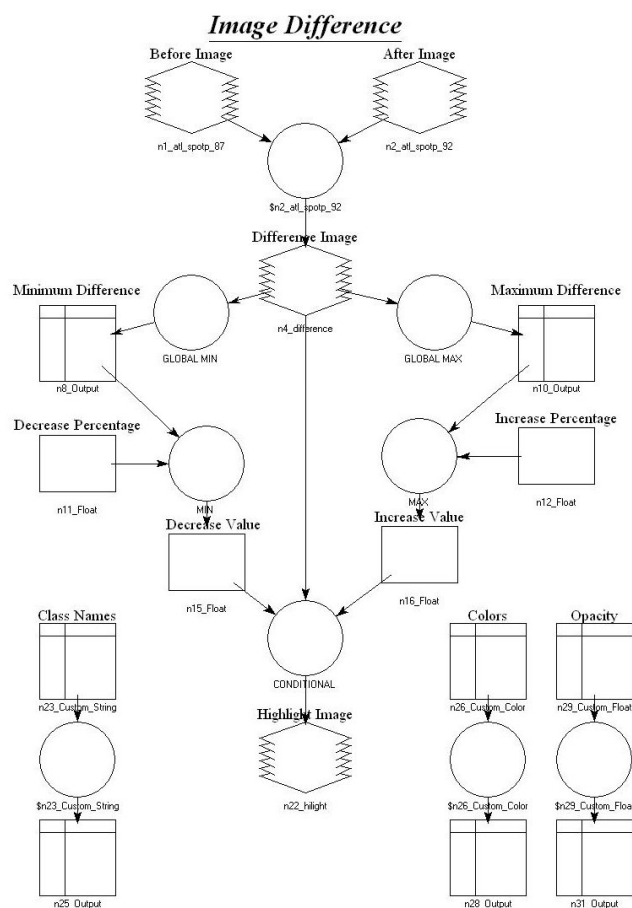
Obr. 8: Použití textového popisu

Princip sémantické jednoznačnosti

Význam jednotlivých symbolů lze částečně odvodit i ze vzhledu, ale neplatí to u všech objektů. Objekty tabulka a matice jsou navrženy tak, že kopírují vzhled skutečných objektů. Pro rastr a vektor jsou použity ilustrační symboly, které by měly v uživateli vyvolat i jejich význam, ale u skaláru a funkce jsou použity pouze základní tvary obdélníku a kruhu, což neumožňuje intuitivní rozpoznání a uživatel proto musí znát, co dané symboly znamenají. Částečně to jde vyřešit přidáním textového popisu k těmto objektům, pro jasnější vyjádření jejich významu, např. pro nové uživatele, kteří nejsou obeznámeni s významem daných objektů. Tvary použité pro matici a tabulku lze nazvat jako sémanticky bezprostřední a naopak tvary pro skalár a funkci jsou sémanticky obecné.

Princip řízení složitosti

Model Maker nenabízí žádné přímé nástroje pro modularitu a hierarchickou strukturalizaci. Lze ale použít textové popisy, které jednotlivé části diagramu pojmenují a tím se zlepší přehlednost ve složitém diagramu (Obr. 9). Také lze objekty v diagramu uspořádat jakkoliv, protože se všemi objekty jde pohybovat v jakémkoliv směru a také vztahy mezi objekty se dají zobrazit jak v horizontální, vertikální nebo šikmé poloze. Tím ale nejde zaručit snížení složitosti, protože se jedná o subjektivní postup, tzv. co může být zjednodušení pro jednoho, může být složité pro druhého.



Obr. 9: Ukázka popisu ve složitém diagramu

Princip kognitivní integrace

Do prostředí této VPL komponenty lze zařadit i více diagramů. Nejsou zde ale žádné nástroje, které by integraci přímo podporovaly. Diagramy lze jakkoliv uspořádat a lze tedy využít i kontextualizaci a prvky, které spolu souvisejí, přesunout vedle sebe.

Princip vizuální expresivity

Model Maker používá k definování jednotlivých objektů pouze jednu vizuální proměnnou. Pomocí tvaru lze zakódovat pouze nominální hodnoty, ale má neomezenou kapacitu. Určitě by bylo účinnější přidat ještě další vizuální proměnnou, např. barvu.

Princip duálního kódování

Duální kódování je zde zastoupeno přidáním textového popisu a anotace k samotnému grafickému vyjádření objektu. Jde o individuální volbu autora diagramu a samotná VPL komponenta neumožňuje striktně dodržovat tento princip. Každý objekt je také textově popsán jeho názvem, který však nejde změnit a objeví se tedy tak jak je definován v souborovém systému.

Princip ekonomie grafiky

Tato VPL komponenta používá celkem sedm různých grafických symbolů, což je o jeden grafický symbol více, než je lidská mysl schopna rozlišovat. Ekonomie grafiky je tedy mírně přetížena. Nejvíce problematický je grafický symbol pro kritériální funkci,

který vznikl sloučením dvou grafických symbolů použitých pro matici a funkci. Nicméně symbol kritériální funkce se vyskytuje v diagramech méně často, spíše jen v pokročilých diagramech.

Princip kognitivní vhodnosti

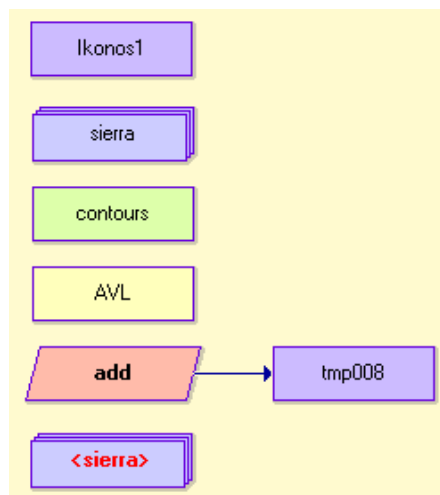
Pro použití diagramů z této VPL komponenty jsou vždy potřeba znalosti z oblasti geografických informačních systémů, ale dá se také částečně uzpůsobit pro nové uživatele tím, že se jednotlivé objekty popíšu pomocí vkládaného textu a tím se porozumění dané operace probíhající v diagramu značně zlepší. Také k tomu přispívá intuitivní vyjádření významu některých objektů pomocí sémantické jednoznačnosti.

4.2 Macro Modeler

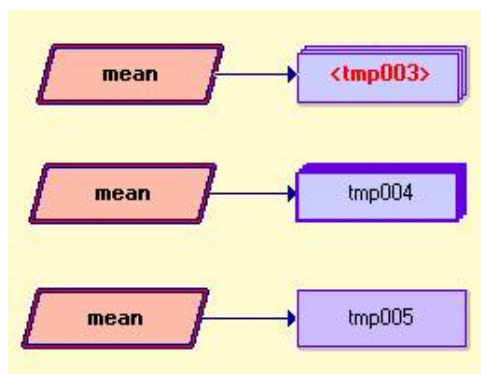
Macro Modeler je VPL komponenta softwaru Idrisi vyvinuta v Clark Labs. Jedná se o grafické modelovací prostředí, které slouží pro tvorbu a spouštění diagramů složených z řady na sebe navazujících kroků. Podporuje také dávkové zpracování a dynamické modelování. Základem je Idrisi Macro Language (IML), což je interní makro jazyk systému Idrisi sloužící pro zautomatizování a zrychlení prostorových analýz. Používá ASCII soubor (.iml) obsahující seznam programů a jejich parametrů, které se mají při zpracování použít.

Princip sémiotické čistoty

Do diagramu vytvářeného v komponentě Macro Modeler lze vložit sedm různých typů grafických symbolů, jimiž jsou rastr, skupinový soubor, vektor, soubor atributových hodnot, příkaz, dynamická skupina (shora dolů na Obr. 10, příkaz je znázorněn i s výstupním souborem umístěným napravo) a submodel (Obr. 11). Každý pojem je reprezentován jedním typem grafického objektu, nedochází tedy k žádnému problému sémiotické čistoty.



Obr. 10: Typy objektů Macro Modeler



Obr. 11: Submodel Macro Modeler (výstupem může být dynamická skupina, skupinový soubor nebo rastr)

Princip fyzické rozlišitelnosti

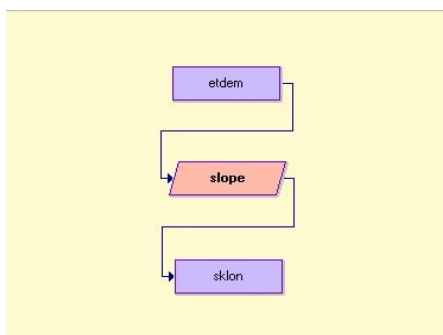
Jednotlivé objekty nejsou snadno a jednoduše rozlišitelné, spíše by se dalo říct, že některé dvojice objektů jsou si hodně podobné a při jejich porovnání nejsou patrné velké rozdíly. Rastr a skupinový soubor se liší pouze v nepatrné změně tvaru, kde je pomocí stínu naznačena struktura skupiny souborů. Pro vektor a soubor atributových hodnot je použit velmi blízký odstín barev (světle zelená a žlutá), který může být okem nepostřehnutelný. Skupinový soubor a dynamická skupina jsou znázorněny stejným tvarem a liší se pouze v barvě textu (dynamická skupina má červený text v lomených závorkách). Příkaz a submodel mají stejný tvar, barvu i styl textového popisu, liší se pouze v barvě a tloušťce ohraničení (submodel má tučnější obrys s tmavší fialovou barvou). Celkově je využito tří vizuálních proměnných - tvar, barva a styl textového popisu. Tímto je zachováno redundantní kódování. Vstupní a výstupní prvky lze rozlišit pouze podle pozice v diagramu nebo podle spojujících šipek. Uvedené vizuální proměnné nelze uživatelsky měnit.

Princip sémantické jednoznačnosti

Většina objektů v této VPL komponentě jsou sémanticky obecné a tím pádem nemají uzpůsobený vzhled tomu, co představují. Částečně by se dal význam odvodit pouze u objektů skupinový soubor a dynamická skupina, kde je právě význam skupiny reprezentován tvarem připomínajícím poskládání několika obdélníků za sebou, kdy obdélníky představují jednotlivé soubory. Pro ostatní objekty jsou použity obdélníky a pro příkaz a submodel kosodélník.

Princip řízení složitosti

Macro Modeler nabízí nástroj pro řízení složitosti ve formě submodelu. Pomocí něho lze hotový diagram uložit jako submodel a poté vložit do dalšího diagramu. Nevýhodou ale je, že daný diagram, který je uložený jako submodel již nejde po přidání do jiného diagramu zobrazit, např. pomocí náhledu. Objekty se vkládají do diagramu většinou vedle sebe. Při umístění objektů pod sebe se linie šipky zdeformuje (Obr. 12), což zbytečně zabírá místo a zvyšuje složitost. U složitějších úloh je diagram špatně čitelný a nejde se v něm snadno orientovat.



Obr. 12: Umístění prvků pod sebe Macro Modeler

Princip kognitivní integrace

Grafické prostředí této VPL komponenty umožňuje znázornit několik samostatných procesů najednou. Není ale možné více naznačit, že se jedná o samostatné procesy, uživatel se tedy musí řídit pouze podle linie šipek a jejich konektivity. Jednotlivé diagramy nejde očíslovat ani k nim přidat textový popis. Při spuštění procesu je zvýrazněn prvek, ve kterém právě probíhá zpracování, a jde tedy poznat, zda už se daný proces vykonal a v jakém kroku se právě nachází zpracování.

Princip vizuální expresivity

Pro zápis je využito tří vizuálních proměnných, z toho jedna je textová. Hlavní vizuální proměnnou je barva, která se liší u rastru, vektoru, souboru atributových hodnot a příkazu. Tvarem jsou odlišeny objekty (obdélník), skupiny (efekt více obdélníků), příkaz a submodel (kosodélník). Barva využívá celkem čtyři obměny a tvar tři. Také je použito barevné rozlišení vazeb. Ani u jedné vizuální proměnné není využita plná kapacita, proto by se dalo špatné rozlišitelnosti zabránit tak, že se pro každý objekt použije vždy jiná barva i tvar.

Princip duálního kódování

V komponentě Macro Modeler se objevují graficko-textové symboly. Textem je popsán název daného objektu. U objektů příkaz a submodel je navíc text tučně zvýrazněn a u dynamické skupiny je použito červené barvy a tučného písma. Tím je zajištěno odlišení dynamické skupiny od skupinového souboru, kde by jinak vznikly dva totožné grafické symboly.

Princip ekonomie grafiky

Maximálně je možno použít sedm různých grafických symbolů, což je o jeden symbol víc pro udržení ekonomie grafiky a její vnímání lidským mozkem. V ukázkových diagramech Idrisi jsou průměrně v jednom diagramu použity čtyři různé grafické symboly. Ve většině případů ani nelze do jednoho diagramu použít všechny možné grafické symboly najednou.

Princip kognitivní vhodnosti

Tato VPL komponenta je určena spíše pro uživatele, kteří mají pokročilejší základy vizuálního programování. Vzhled jednotlivých grafických symbolů nijak neumožňuje intuitivně odhadnout jejich význam a ani nejde použít vysvětlující anotace. Uživatel tedy

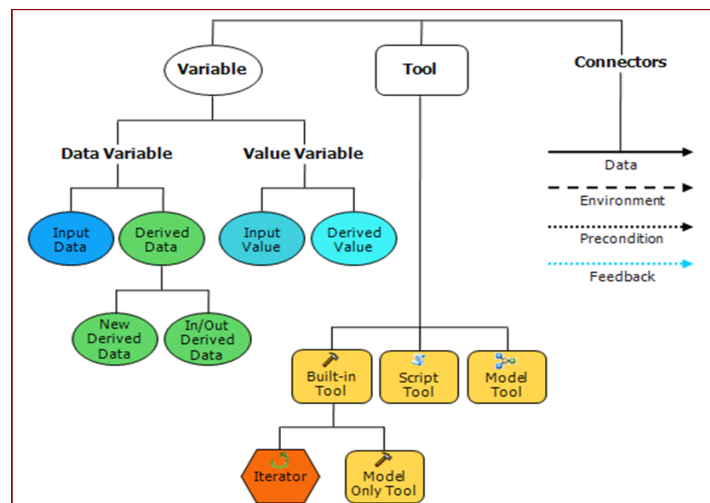
musí vědět, jak jsou jednotlivé objekty znázorněny, protože odvození je možné jen velmi zřídka. Orientaci neusnadňují ani žádné nástroje pro složité diagramy.

4.3 ModelBuilder

Aplikace je standardní součástí softwaru ArcGIS for Desktop. Představuje jednu z možností, jak vytvářet vlastní geoprocessingové nástroje formou diagramů, využívající nástroje z ArcToolboxu. Umožňuje pracovat se specifickými typy objektů jako jsou dynamické proměnné, iterátory a podmínky.

Princip sémiotické čistoty

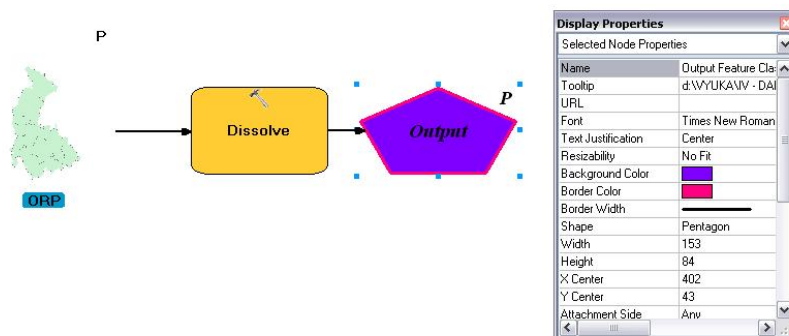
Do diagramu vytvořeném pomocí ModelBuilderu je možné umístit celkem osm různých typů objektů. Na Obr. 13 je schéma znázorňující rozdělení prvků. Jednou skupinou objektů jsou proměnné, které můžou být buď datové nebo hodnotové a dále se rozlišují na vstupní a výstupní prvky. Druhou skupinu představují nástroje, pod které spadají build-in nástroje, skriptovací a modelovací nástroje a iterátor. Pro každý prvek je použit jeden grafický symbol, tím pádem je princip sémiotické čistoty dodržen.



Obr. 13: Typy objektů ModelBuilder

Princip fyzické rozlišitelnosti

Pro objekty spadající do skupiny proměnných je využit jednotný tvar elipsy a jsou mezi sebou odlišeny barvou, přičemž jsou použity velmi blízké odstíny modré, zejména při porovnání vstupních dat a vstupních hodnot je rozdíl nepatrný a také u dvojice vstupní a výstupní hodnoty. Nástroje mají jednotný tvar obdélníku se zaoblenými rohy a jednotnou barvu, pouze pro iterátor je použit zcela odlišný tvar šestiúhelníku a odlišná barva. U grafického symbolu pro iterátor tedy platí perceptuální zvýraznění. U nástrojů jsou také využity ikony. Každý prvek je popsán textem, kde lze nastavit jinou barvu písma, jinou velikost písma, různý řez i font písma. Výše popsané barvy výplně i ohraničení jsou dané ve výchozím nastavení, ale lze je také libovolně měnit, takže autor diagramu může nedostatky v podobných odstínech odstranit. Dokonce jde místo tvaru použít libovolný uložený obrázek. Na Obr. 14 lze vidět příklad pozměněného diagramu.



Obr. 14: Možnosti úprav vzhledu objektů ModelBuilder

Princip sémantické jednoznačnosti

U žádného objektu není uzpůsoben vzhled jeho významu, uživatel má možnost pracovat pouze s obecnými tvary, které jsou sémanticky neutrální. Přiblížení k sémantické jednoznačnosti napomáhají pouze ikony, které mají znázorňovat funkci jednotlivých nástrojů (kladívko, svitek papíru, symbol submodelu, kulatá šipka).

Princip řízení složitosti

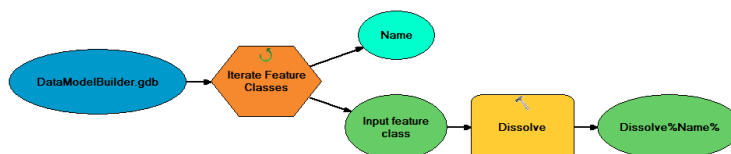
Komponenta ModelBuilder má okno celkového náhledu na diagram (overview), čili má uživatel dobrou možnost orientace i ve složitějším diagramu. Také je k dispozici volba Auto Layout, která objekty v diagramu automaticky srovná do mřížky a linie šipek do jednoho vodorovného směru. Dalšími nástroji jsou přiblížení na určitý prvek nebo naopak oddálení, zde je efektivnější použít nástroj oddálení na celý rozsah.

Princip kognitivní integrace

Lze vložit více samostatných procesů a spustit naráz. Při spuštění zpracování se objeví dialogové okno informující o průběhu zpracování a zda se vyskytly nějaké chyby nebo vše proběhlo v pořádku. Jednotlivé samostatné procesy lze od sebe rozlišit pouze pomocí přidaného popisku, jinak se uživatel musí řídit podle konektivity vazeb.

Princip vizuální expresivity

Hlavní vizuální proměnnou je barva, její rozdíl lze najít u vstupních a výstupních prvků (mezi než spadají i v diagramu dále použité, tzv. odvozené prvky). Tvarem se od sebe odlišují dva typy objektů – proměnné a nástroje. Samostatný tvar a barva je použit pouze u iterátoru. Barva ve výchozím nastavení využívá šest obměn a tvar tři. Výchozí nastavení lze změnit, proto si může autor diagramu vytvořit libovolné kombinace a tím zvýšit vizuální expresivitu této VPL komponenty. U jednotlivých objektů jde také změnit velikost daného grafického symbolu, což je další možná vizuální proměnná. Na Obr. 15 jsou velikostně odlišeny vstupní a výstupní prvky.



Obr. 15: Příklad diagramu, kde je využita změna velikosti grafických symbolů

Princip duálního kódování

Společně s textovým popisem, který představuje zvolený název každého objektu, jsou textem znázorněny parametrické prvky. Pokud změníme prvek na parametrický, přidá se k němu na pozici vpravo nahoru znak P (Obr. 16). Je také možné do pracovního prostředí komponenty vložit anotaci.



Obr. 16: Parametrický prvek

Princip ekonomie grafiky

Autor notace může vytvořit neomezený počet symbolů, protože VPL komponenta ModelBuilder umožňuje libovolně měnit vizuální proměnné tvar, barvu, velikost a textový popis. Výchozí nastavení není zvoleno příliš vhodně, protože ekonomie grafiky je o dva grafické symboly přetížena a lidská mysl tím pádem není schopna snadno rozeznat rozdíly mezi jednotlivými objekty. Parametrická proměnná není znázorněna graficky a tím je použita jedna ze strategií snížení nadměrné grafické složitosti – vynechání symbolu.

Princip kognitivní vhodnosti

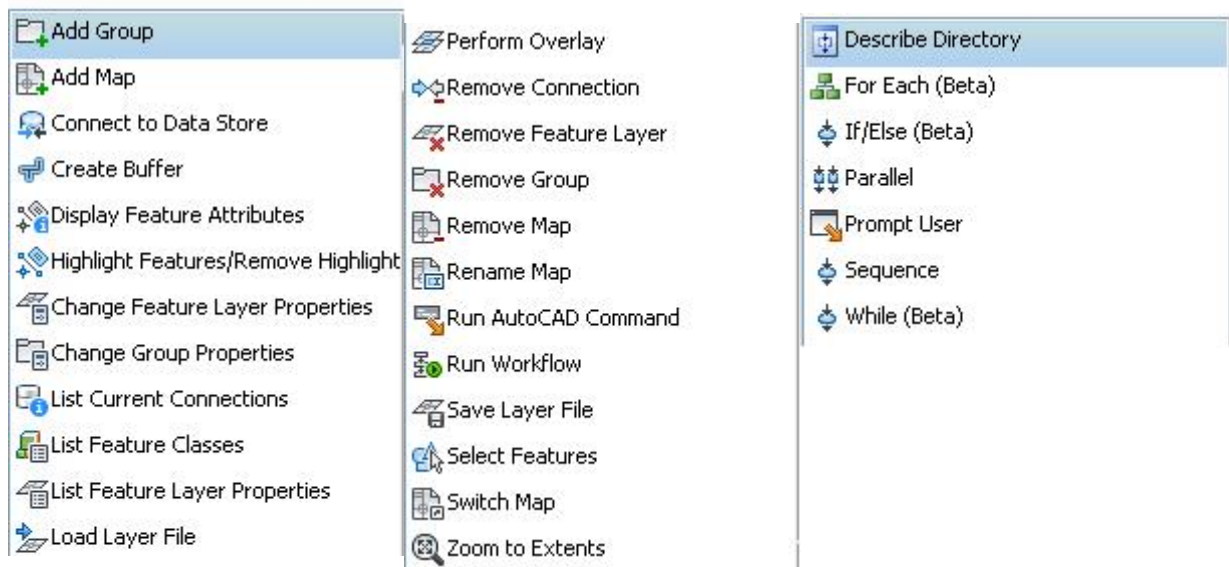
Tato VPL komponenta je uzpůsobena tak, že je možné tvořit diagramy pro více skupin koncových uživatelů. Tím, že jde u každého objektu zvolit libovolný popis je zajištěna lepší informovanost o daném typu objektu a také jde uzpůsobit barva a tvar objektů, takže mohou být lépe rozlišitelné. Vždy ale musí mít uživatel alespoň základní představu o GIS funkcích a daných objektech. Musí být informován, jak je daný prvek znázorněn, protože žádný prvek neasociuje automaticky svůj význam.

4.4 Workflow Designer

Komponenta Workflow Designer je aplikována v softwaru AutoCAD Map 3D. Umožňuje tvorbu a správu dat buď ve formátu DWG nebo v cizích nativních formátech, např. SHP, DGN. Z prostorových analýz jsou k dispozici obalové zóny a překryvné analýzy, síťové analýzy a analýzy povrchu. Také obsahuje nástroje pro tvorbu tématických map.

Princip sémiotické čistoty

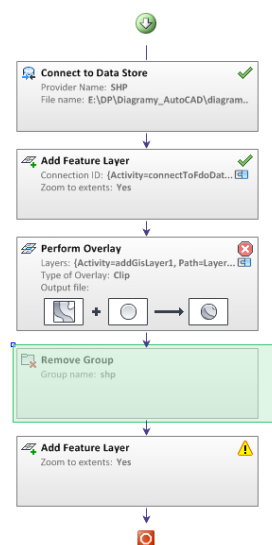
Při vkládání objektů do diagramu si lze vybrat z 24 prvků specifických pro AutoCAD Map 3D a 7 utilit. Tyto prvky jsou odlišeny pomocí ikon znázorněných na Obr. 17. Tím, že je pro každý prvek vytvořena jedna ikona, se stávají jedinečnými a platí, že každý symbol koresponduje s jedním pojmem.



Obr. 17: Prvky v komponentě Workflow Designer (verze AutoCAD Map 2014)

Princip fyzické rozlišitelnosti

Specifické prvky jsou mezi sebou rozlišeny jen pomocí ikon a textového popisu, jinak jsou všechny znázorněny stejným tvarem obdélníku. Utility už obsahují složitější struktury, u některých jde vkládat i více nástrojů dohromady, takže celek je naznačen pomocí dalšího obdélníku na pozadí, který pokrývá celou aktivitu dané utility. Objekty se vkládají automaticky ve směru shora dolů. Také je graficky znázorněn začátek a konec diagramu, což ale v podstatě neplní žádnou funkci z důvodu, že diagram nejde uspořádat jiným způsobem, než odshora dolů. Směr linie šipek také nejde měnit. Začátek a konec by byl tedy zřejmý i bez použité grafiky. Fyzicky je odlišen také vypnutý prvek, který je překryt poloprůhledným zeleným obdélníkem. U prvku představujícím prostorovou analýzu je graficky znázorněno schéma procesu analýzy. Výše uvedené grafické uspořádání lze vidět na Obr. 18.



Obr. 18: Grafické uspořádání ve Workflow Designer

Princip sémantické jednoznačnosti

Samotný tvar jednotlivých prvků nijak nenaznačuje jejich význam, ale u každého prvku je použita ikona, která naopak představuje danou funkci objektu a tím je význam snadno odvozen. Ikona je také doplněna názvem dané operace. U prvků představující prostorové analýzy je také graficky znázorněno schéma procesu analýzy, což pomáhá jednoznačnosti významu prvku. Nenadefinovaný prvek je ztvárněn ikonou žlutého trojúhelníku s vykřičníkem v pravém horním rohu obdélníku. Při spuštění procesu se na stejném místě po zpracování daného prvku objeví ikona, a to buď zelená fajfka při správném zpracování nebo červený sedmi-úhelník s bílým křížkem při chybě.

Princip řízení složitosti

Komponenta Workflow Designer neumožňuje práci ve více oknech ani nemá okno celkového náhledu, uživatel má pouze možnost svislého pohybu v pracovním prostředí. V případě delšího diagramu, který se celý nevejde do pracovního prostředí komponenty, je možné použít nástroj oddálení na celý rozsah. U složitějších diagramů, které většinou vznikají při využití nástrojů z nabídky utilit, se nabízí použití srolovacího tlačítka, které umožňuje skrýt (-) a poté znovu zobrazit (+) některou část diagramu, např. u nástroje Parallel vzniknou dvě souběžné sekvence, které je možné skrýt a poté zobrazit (lze vidět u otázky č. 9 Tabulka 5).

Princip kognitivní integrace

Není možné integrovat více diagramů do jednoho pracovního prostředí Workflow Designer. Jednotlivé objekty jde vkládat pouze mezi začátek a konec diagramu. Ale vzhledem k tomu, že na sebe procesy nemusí navazovat díky závislosti na datech z předchozího kroku, lze vytvořit dlouhý diagram, který obsahuje několik dílčích podčástí, které spolu logicky nesouvisí, ale jsou zpracovány v jediném diagramu.

Princip vizuální expresivity

Vizuální proměnné jsou využity pouze v malé míře. Tvar je stále stejný, pouze výška objektu je dynamicky stanovena podle parametrů prvku a podle operace, kterou reprezentuje. Barvou je odlišen vypnutý prvek, u kterého je navíc nesmyslně použita zelená barva, která není k reprezentaci vypnutého prvku moc vhodná, protože spíše evokuje aktivitu. V komponentě převládají volné proměnné, proto se jedná spíše o nevizuální formu zápisu.

Princip duálního kódování

Textové popisky jsou hlavním vyjádřením daného objektu. Jejich délka je variabilní a liší se podle počtu zadaných parametrů u jednotlivých operací. U různých objektů lze vidět od jednoho řádku textového popisu až do sedmi řádků. Tučně je zvýrazněn název daného nástroje.

Princip ekonomie grafiky

Grafická složitost je u této VPL komponenty velmi přetížena. Pro každý nástroj je využita jedna reprezentace v podobě ikon a celkem lze do diagramu přidat až 31 prvků. Většinou se ale nepoužijí všechny prvky a některé nástroje jsou spíše okrajové. Ikona

znázorňující význam daného prvku je vždy doplněna ještě textovým popisem, takže uživatel si nemusí pamatovat, co každá ikona znamená.

Princip kognitivní vhodnosti

Uživatel je nucen přemýšlet dopředu nad výslednou podobou diagramu a musí mít pokročilejší znalosti o tom, s jakými prvky lze v softwaru AutoCAD Map 3D pracovat, jak lze prvky do daného diagramu vložit a také je nutné mít základní zkušenosti s prostorovými analýzami. Při tvorbě diagramu může ze strany uživatele dojít k určení špatného navazujícího prvku, protože následující prvek nemusí používat data, která jsou přímo výstupem z předchozího prvku.

5 HODNOCENÍ EYE-TRACKING TESTOVÁNÍ

Pomocí metody eye-tracking proběhly celkem čtyři testování na každou vybranou VPL komponentu. U každého testu bylo celkem 12 otázek a tyto otázky byly vytvářeny tak, aby došlo k otestování principů fyzických dimenzí. Účelem testování bylo také konečné srovnání mezi čtyřmi VPL komponentami, proto se některé otázky v jednotlivých testech shodují. Z důvodu nekompatibility jednotlivých VPL komponent nemohly být vytvořeny stejné diagramy ani se nemohly všechny otázky shodovat. Každá VPL komponenta má odlišné typy objektů a jen v několika případech se shodují.

5.1 Slovní hodnocení eye-tracking testování

Testování probíhalo na Katedře Geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci, kde je umístěno speciální zařízení pro snímání pohybu očí metodou eye-tracking. Primárně byli otestováni studenti 1. ročníku navazujícího magisterského studia v rámci vyučovaných předmětů Data mining v zimním semestru a CAD v letním semestru školního roku 2013/2014. Pro doplnění počtu byli dále otestováni studenti 2. ročníku na VPL komponentu ModelBuilder v rámci výuky předmětu Skriptování v GIS a také několik studentů z 2. ročníku navazujícího magisterského studia na VPL komponentu Workflow Designer, se kterou se setkali minulý rok při výuce předmětu CAD.

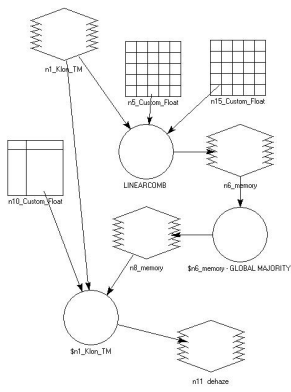
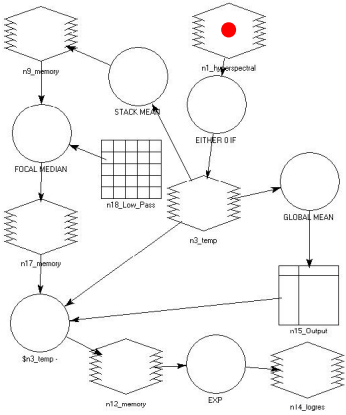
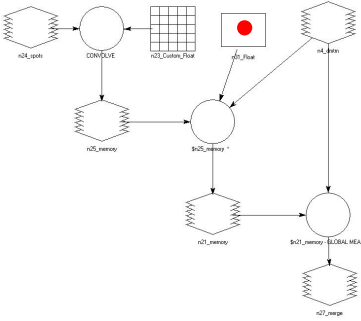
Testování probíhalo společně s Adélou Otevřelovou, která testovala vybrané VPL komponenty na salienci. Samotný test byl tedy rozdělen na dvě části. Vymezený čas na každou otázku byl 30 s, předcházel ji vždy fixační kříž 600 ms.

Správné odpovědi jsou v diagramech vyznačeny červeným bodem.

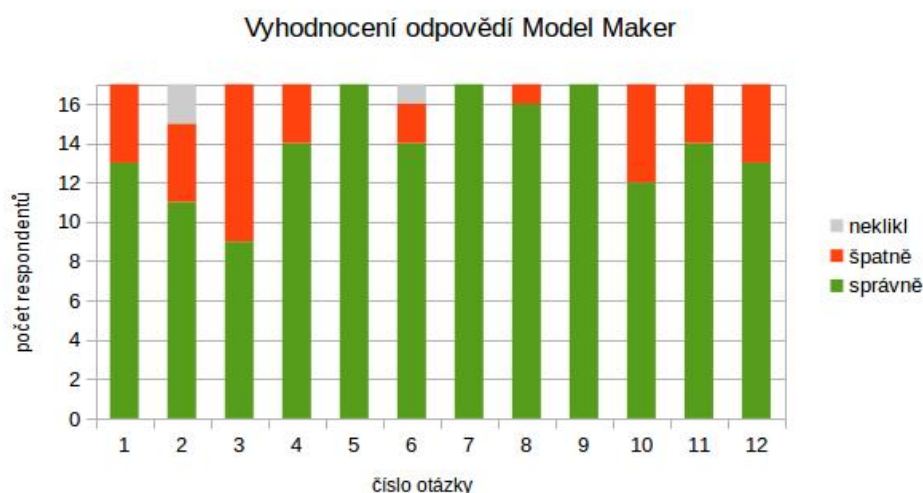
Model Maker

Celkově bylo otestováno 18 respondentů, jeden respondent musel být kvůli velkým odchylkám při kalibraci vyřazen. Monitor měl při testování rozlišení 1680 x 1050 bodů.

Tabulka 2: Seznam testových otázek a diagramů Model Maker

<p>1. Kolik různých typů objektů se nachází v diagramu?</p>  <p>Správná odpověď: 4</p>	<p>2. Označte vstupní rastr.</p> 	<p>3. Označte objekt typu skalár.</p> 
---	--	---

<p>4. Bude výstup stejného typu jako vstup?</p> <p style="text-align: center;">ne</p>	<p>5. Kolik funkcí je obsaženo v diagramu?</p> <p style="text-align: center;">Správná odpověď: 5</p>	<p>6. Označte nenadefinovanou funkci.</p>
<p>7. Kolik vstupních prvků je v tomto diagramu?</p> <p style="text-align: center;">Správná odpověď: 3</p>	<p>8. Kolik je v diagramu nezávislých operací?</p> <p style="text-align: center;">Správná odpověď: 3</p>	<p>9. Označte shodné funkce.</p>
<p>10. Označte objekt typu tabulka.</p>	<p>11. Co představuje zvýrazněný prvek (*)?</p> <p>a) objekt typu matice b) kritériální funkce c) funkce d) objekt typu vektor</p>	<p>12. Označte objekt typu matice.</p>

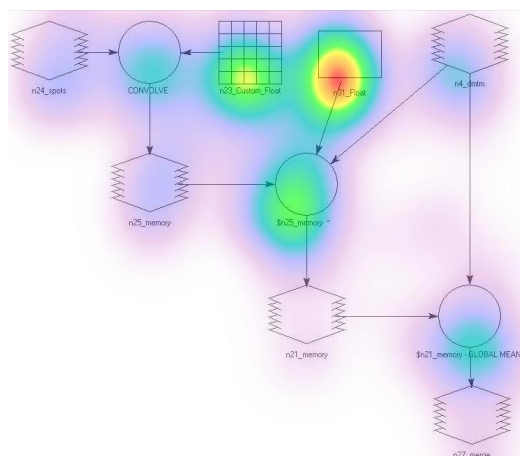


Obr. 19: Graf vyhodnocení odpovědí Model Maker

Pomocí metody eye-tracking byl otestován princip sémiotické čistoty, fyzické rozlišitelnosti, sémantické jednoznačnosti, kognitivní integrace a duálního kódování.

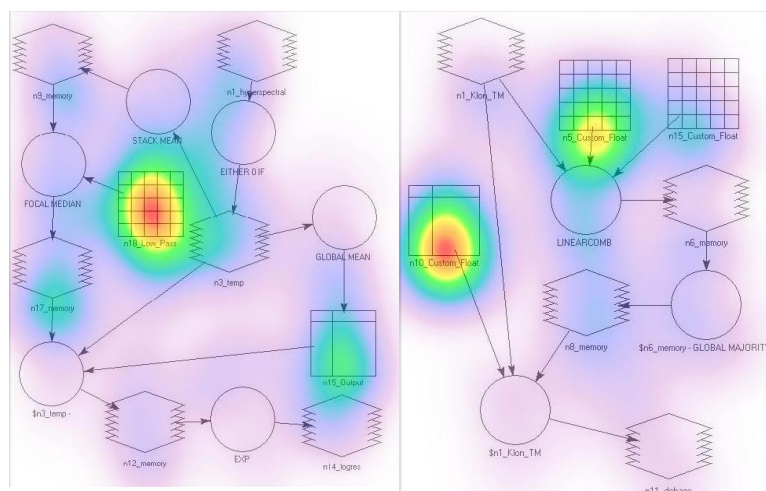
Princip sémiotické čistoty testovala otázka č. 1: Kolik různých typů objektů je v diagramu? Umožňuje odhalit, zda uživatelé rozeznají všechny grafické objekty obsažené v daném diagramu. V tomto diagramu byly celkem čtyři různé grafické objekty. Počet správných odpovědí převažuje nad špatnými. Otázka č. 11 zabývající se rozpoznáním kriteriální funkce byla také zodpovězena správně. Uvažovaný problém, kde grafický objekt pro kriteriální funkci je složen ze dvou již použitých objektů nebyl potvrzen, uživatelé měli u této otázky na výběr také z variant matice a funkce, ale nejvíce správných odpovědí bylo zaznamenáno u správné možnosti. K rozpoznání kriteriální funkce také napomohl text pod grafickým symbolem All criteria, který se objeví po nadefinování. Princip sémiotické čistoty je v této VPL komponentě dodržen.

Na **fyzickou rozlišitelnost** bylo vytvořeno více otázek, na kterých je úkolem označit jednotlivé grafické objekty. Nejvíce problematické bylo pro testované uživatele správně označit objekt typu skalár, u této odpovědi bylo 9 správných a 8 špatných odpovědí. Jak je vidět na Obr. 20 nejvíce fixací je právě na objektu skalár, ale uživatelé se také zaměřili na objekty matice a funkce. Objekt typu skalár je sémanticky obecný a uživatel tedy nemá žádná vodítka k rozeznání významu z jeho vzhledu.



Obr. 20: Heatmapa označení objektu skalár

Naopak **sémanticky jednoznačné** objekty typu tabulka a matice by měly být snadno rozpoznatelné, protože jejich vzhled přímo odkazuje na jejich význam. Při testování bylo odhaleno, že uživatelé ale tyto objekty nejsou schopni snadno rozpoznat. Sice převažují správné odpovědi, ale na heatmapách je jasně vidět, že více fixací měl vždy opačný objekt. Tedy při označení matice uživatelé fixovali více na tabulku a naopak při označení tabulky fixovali spíše na matici (Obr. 21).



Obr. 21: Heatmapa označení objektu typu tabulka a matice

Princip sémantické jednoznačnosti tedy není dodržen a mělo by být využito více prostředků pro jasnější znázornění významu těchto prvků. Podle výsledků metody eye-tracking jsou tyto grafické symboly spíše sémanticky nesprávné.

Kognitivní integrace spočívá v kombinaci více operací v jednom diagramu, čemuž se věnuje otázka č. 8: Kolik je v diagramu nezávislých operací? Nebyl použit žádný doplňující text, který by dané operace oddělil. Přesto byla pouze 1 špatná odpověď. Uživatelé se nejspíš řídili pomocí šipek znázorňujících vazby a rozpoznaly volná místa mezi jednotlivými operacemi.

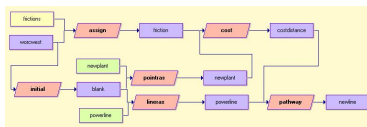
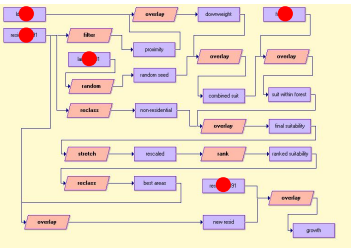
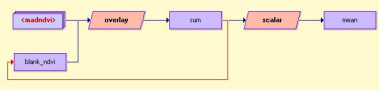

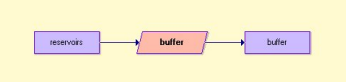

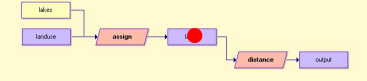
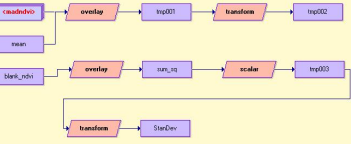

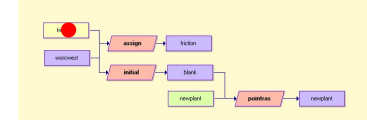

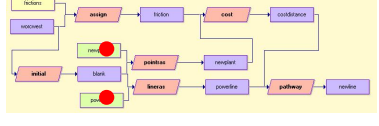
Duální kódování je zde zahrnuto v podobě textu, který doplňuje grafické symboly. Text představuje názvy jednotlivých objektů a např. u funkcí pomáhá rozeznat shodné funkce (otázka 9), čímž je dosaženo plného počtu správných odpovědí. Také je pomocí

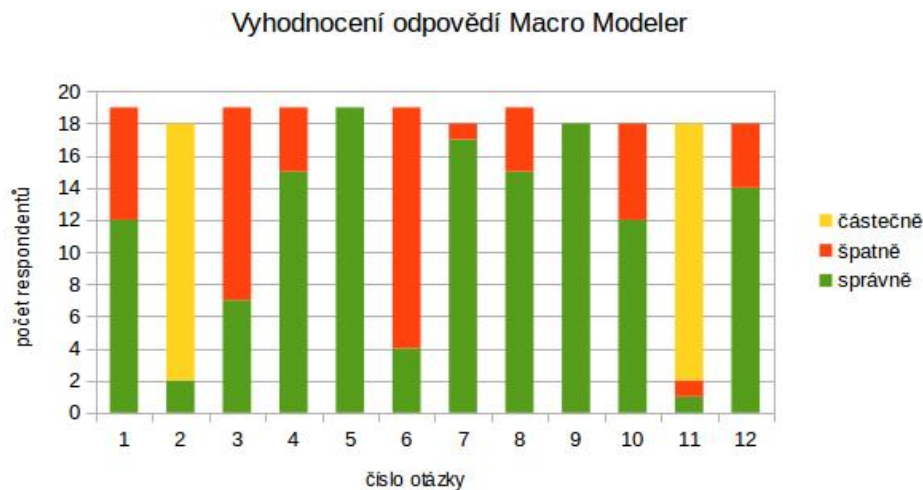
textu pod grafickým symbolem vyjádřen nenadefinovaný prvek pomocí znaku otazníku. Toto zakódování nerozpoznali 3 uživatelé a 14 odpovědělo správně.

Macro Modeler

Celkově bylo otestováno 19 respondentů. U 14 respondentů se nenaměřily kliky myší, proto byla část otázek zařazená do posledního testu komponenty Workflow Designer. U těchto otázek musel být jeden respondent vyřazen. Rozlišení obrazovky bylo 1920 x 1200 bodů.

Tabulka 3 Seznam testových otázek a diagramů Macro Modeler

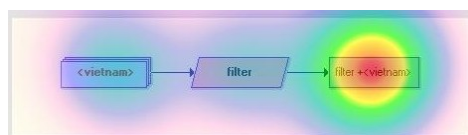
<p>1. Kolik různých typů objektů se nachází v diagramu?</p>  <p>Správná odpověď: 4</p>	<p>2. Označte vstupní rastr/y.</p> 	<p>3. Jaký je rozdíl mezi vstupními objekty?</p>  <p>a) žádný b) jedná se pouze o jiné vstupní soubory c) jedná se o jiné typy objektů</p>
<p>4. Bude výstup stejného typu jako vstup?</p>  <p>Správná odpověď: ne</p>	<p>5. Kolik příkazů je obsaženo v diagramu?</p>  <p>Správná odpověď: 1</p>	<p>6. Co bude výstupem?</p>  <p>a) rastr b) rastrová dynamická skupina c) vektor</p>
<p>7. Označte rastr s názvem lakes.</p> 	<p>8. Kolik je v diagramu nezávislých operací?</p>  <p>Správná odpověď: 2</p>	<p>9. Označte shodné funkce.</p> 
<p>10. Označte soubor atributových hodnot.</p> 	<p>11. Označte prvky vstupující do operace overlay.</p> 	<p>12. Označte objekt typu vektor.</p> 



Obr. 22: Graf vyhodnocení odpovědí Macro Modeler

Otázka č. 1 testovala **princip sémiotické čistoty**. V diagramu byly celkem čtyři různé typy objektů. Jsou mezi sebou odlišené hlavně barvou a jeden objekt také tvarem. Správně odpovědělo 12 testovaných a špatně sedm. Ze špatných odpovědí převládala odpověď tři různé typy objektů, což je způsobeno špatně rozlišitelnou barvou zelené a žluté, jejíž odstíny jsou si hodně podobné. Toto je také důležité pro princip fyzické rozlišitelnosti. Na něj je zaměřena otázka č. 4 Bude výstup stejného typu jako vstup? Zde je vidět rozlišitelnost pomocí barvy, uživatel tedy musí mít znalost, že různé typy objektů se rozlišují pomocí barvy. Tuto znalost prokázalo 15 testovaných. Dále se u otázky č. 3 očekává schopnost rozlišit dva problémové objekty, které si jsou velmi podobné. Používají sice stejnou barvu, ale jeden je objekt typu rastr a druhý dynamická skupina, což by mělo být patrné z jiného tvaru a stylu textového popisku. Při testování metodou eye-tracking bylo zjištěno, že testovaní uživatelé většinou nepoznali rozdíl nebo označili, že se jedná pouze o jiné vstupní soubory. Převažují tedy špatné odpovědi.

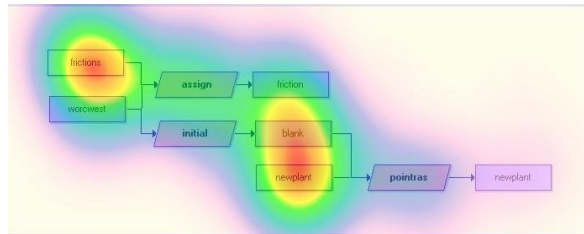
Nejvíce špatných odpovědí bylo zaznamenáno u otázky č. 6. Tam musel testovaný uživatel projevit větší znalosti a umět si odvodit jednotlivé souvislosti. Podle stylu dotazovaného objektu by mělo být správnou odpovědí objekt typu rastr, ale zde je ještě důležité duální kódování, které je zastoupeno názvem prvku, který říká, že výstup vznikne z dynamické skupiny a bude na něj aplikován daný příkaz, tzn. že výstupem bude rastrová dynamická skupina. **Vizuální expresivita** zde není dodržena. Obr. 23 ukazuje, že nejvíce uživatelé fixovali na samotný výstupní prvek a souvislost se vstupním prvkem skoro vůbec neřešili.



Obr. 23: Heatmapa výstupu rastrové dynamické skupiny

Princip fyzické rozlišitelnosti zkoumají otázky, na kterých se mají označit jednotlivé typy objektů. Objekt typu rastr byl označen bez problému pouze s jednou špatnou

odpovědí. Také příkaz, který testuje otázka č. 5, poznali všichni testovaní, tedy že je obsažen v diagramu pouze jeden, namísto rastrů, které jsou v daném diagramu dva. Více špatných odpovědí už bylo u otázek, kde se měli označit soubor atributových hodnot a vektor. Jedná se o objekty s podobným odstínem barev. Na Obr. 24 jde vidět, že nad oběma objekty s podobným odstínem barvy jsou největší fixace, což potvrzuje domněnku o špatné rozlišitelnosti těchto dvou objektů.



Obr. 24: Heatmapa označení souboru atributových hodnot

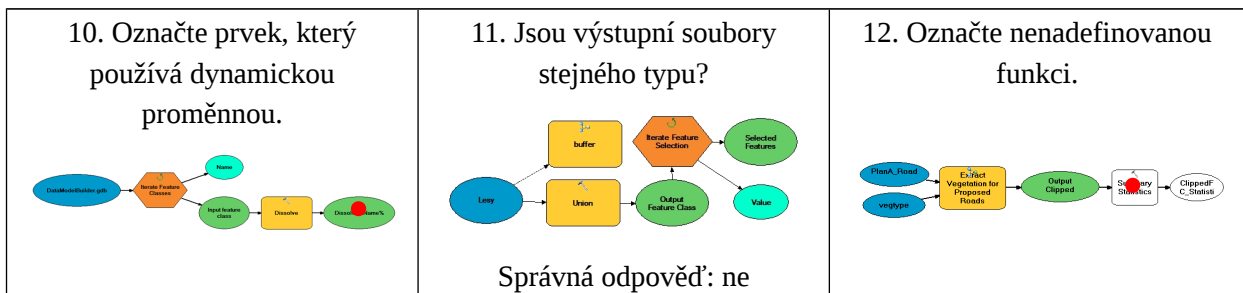
Při testování složitosti **ekonomie grafiky** se měl uživatel zorientovat v diagramu u otázky č. 2 a najít vstupní rastry. Zde byli pouze 2 testovaní schopní najít a označit všechny vstupní rastry. Ostatní si většinou všimli pouze prvků v horní části diagramu.

ModelBuilder

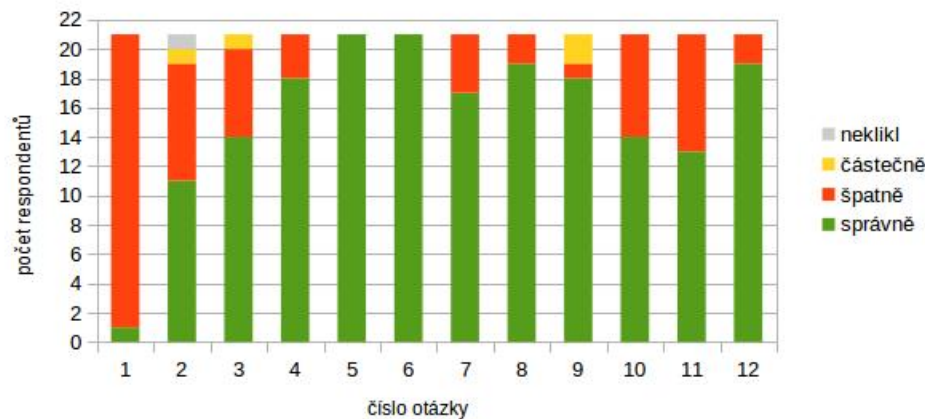
Celkově bylo otestováno 21 respondentů. Rozlišení obrazovky bylo 1920 x 1200 bodů.

Tabulka 4: Seznam testových otázek a diagramů ModelBuilder

<p>1. Kolik různých typů grafických objektů se nachází v diagramu?</p> <p>Správná odpověď: 6</p>	<p>2. Označte vstupní vrstvy.</p>	<p>3. Označte vstupní parametry.</p>
<p>4. Bude výstup stejného typu jako vstup?</p> <p>Správná odpověď: ano</p>	<p>5. Kolik funkcí je obsaženo v diagramu?</p> <p>Správná odpověď: 3</p>	<p>6. Označte iterátor v diagramu.</p>
<p>7. Označte výstupní vrstvy.</p> <p>Správná odpověď: 2</p>	<p>8. Kolik je v diagramu samostatných procesů?</p> <p>Správná odpověď: 2</p>	<p>9. Označte shodné funkce.</p>



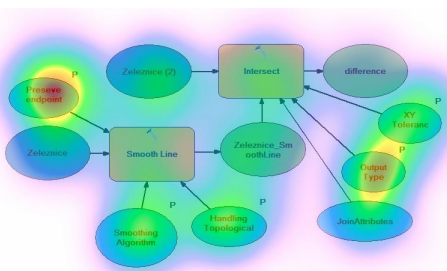
Vyhodnocení odpovědí ModelBuilder



Obr. 25: Graf vyhodnocení odpovědí ModelBuilder

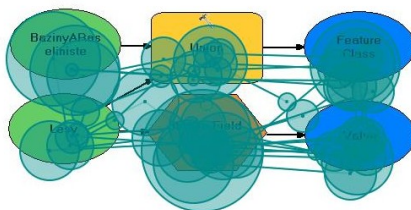
Při snaze zjistit, zda uživatelé rozeznají všechny grafické objekty umístěné v diagramu bylo zjištěno, že se u této VPL komponenty vyskytuje problém, protože pouze jeden respondent dokázal rozpoznat všechny grafické objekty obsažené v daném diagramu u otázky č. 1. **Vizuální expresivita** tedy není dostatečná a **sémiotická čistota** nebyla u prvků vyskytujících se v diagramu potvrzena.

Když měli poté v dalších otázkách uživatelé označit jednotlivé objekty v rámci **fyzické rozlišitelnosti**, nedělalo jim problém najít iterátor, který lze považovat za perceptuálně zvýrazněný prvek. Také funkce dokázali označit bez jediné špatné odpovědi. U otázky č. 2, kde bylo úkolem označit pouze vstupní vrstvy většina respondentů nezaznamenala odlišnost od vstupních hodnot a označili je společně, což potvrzuje také otázka č. 11, která je vytvořená na podobný způsob, ale u výstupních prvků. Otázku č. 3 zvládlo 15 respondentů bez chyby, ale zbylých 6 označilo chybně také vstupní hodnotu, u které nebyl zadaný parametr. Lze usuzovat, že jako parametr považovali prvky označené světle modrou barvou, nikoliv označení pomocí P vpravo nad prvkem, které parametr skutečně znázorňuje (Obr. 26).



Obr. 26: Heatmapa označení parametrů

U otázky č. 7 bylo záměrně provedeno zaměnění barev pro vstupní a výstupní vrstvy, protože právě libovolné zvolení barev tato VPL komponenta podporuje. Nechali se zmást pouze 4 respondenti. Na Obr. 27 jde vidět, že daný uživatel těkal očima několikrát ze vstupních na výstupní prvky a naopak, takže se snažil ověřit směr šipek a ostatní prvky, aby se nenechal zmást barvou prvků.



Obr. 27: Scanpath zaměnění barev pro vstup a výstup

Dynamická proměnná u otázky č. 10 je vyjádřená **duálním kódováním** pomocí textového popisu Dissolve%Name%. Uživatel musí tedy znát souvislosti mezi jednotlivými prvky. Ukázalo se, že to dělá problém třetině respondentů.

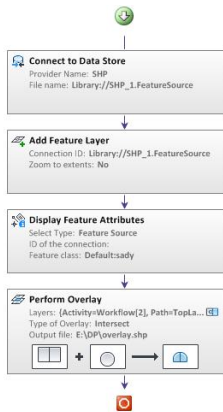
Workflow Designer

Celkově bylo otestováno 19 respondentů. Rozlišení obrazovky 1920 x 1200 bodů.

Tabulka 5: Seznam testových otázek a diagramů Workflow Designer

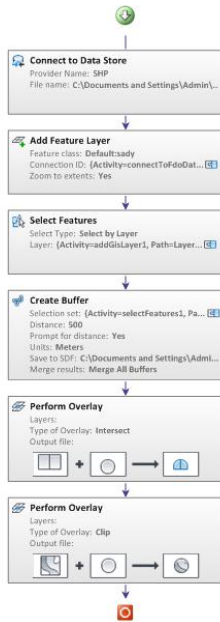
1. Označte konec diagramu.	2. Označte vstupní vrstvy.	3. Označte prvek s chybou.

4. Bude výstup stejného typu jako vstup?



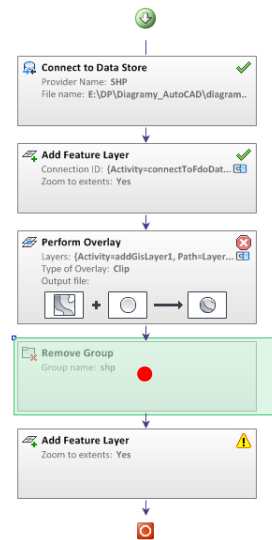
Správná odpověď: ano

5. Kolik GIS operací je obsaženo v diagramu?

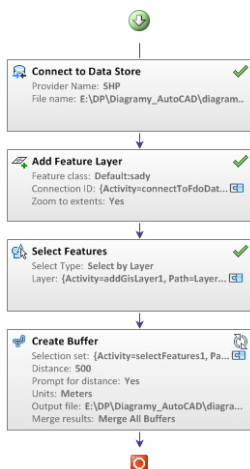


Správná odpověď: 3

6. Označte vypnutý prvek.

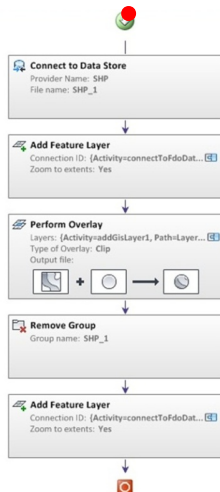


7. Jsou v tomto diagramu všechny operace úspěšně dokončeny?

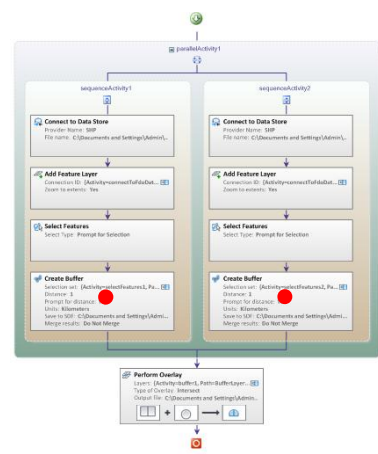


Správná odpověď: ne

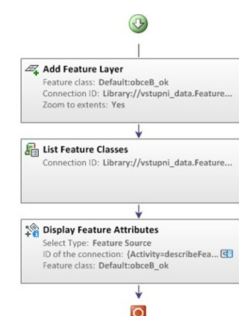
8. Označte začátek diagramu.



9. Označte shodné GIS operace.




10. Umožňuje tento diagram zobrazit atributová data?



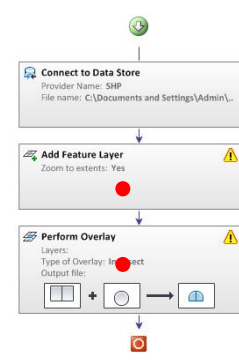
Správná odpověď: ano

11. Kolik různých typů objektů se nachází v diagramu?

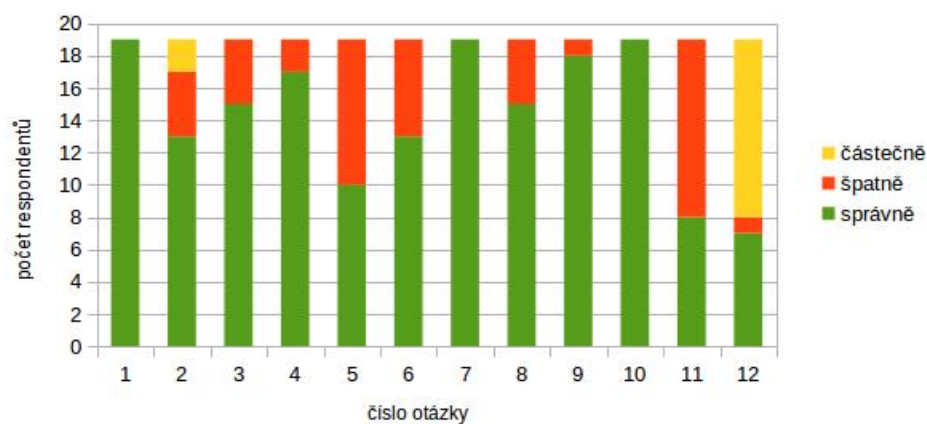


Správná odpověď: 3

12. Označte nenadefinovanou funkci.



Vyhodnocení odpovědí Workflow Designer



Obr. 28: Graf vyhodnocení odpovědí Workflow Designer

Otázka č. 11 testovala **princip sémiotické čistoty** otázkou kolik různých objektů se nachází v diagramu. Více jak polovina respondentů odpověděla špatně. V diagramu se nachází celkem 3 různé objekty, protože některé se opakují a to lze poznat hlavně pomocí ikon a názvu daného objektu. Někteří uživatelé nejspíš počítali i s různými typy souborů, ale na to se daná otázka neptala.

Konec diagramu byl všemi respondenty označen správně, ale začátek několik uživatelů označilo špatně a zaměnili ho většinou s prvním objektem nacházejícím se pod grafickým označením začátku diagramu.

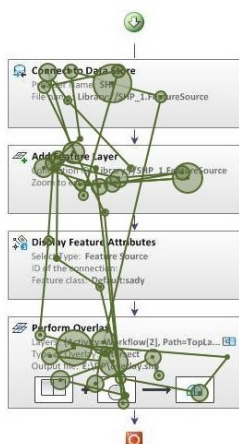
Testování **fyzické rozlišitelnosti** prvků je u této komponenty zaměřené spíše na to, jak jsou od sebe odlišeny prvky označující vypnutý prvek, nenadefinovaný prvek nebo prvek s chybou. Nejvíce špatných odpovědí bylo zaznamenáno u vypnutého prvku, kde je použito zelené barvy, která spíše představuje aktivitu nebo zvýraznění a je tedy v tomto případě zavádějící. Prvek s chybou někteří respondenti zaměnili s nenadefinovaným

prvkem. Jsou použity velmi podobné ikony, obě reprezentují nějakou chybu a není hned patrné jakou. Na Obr. 29 lze vidět, že při označení vypnutého prvku uživatelé fixovali také na prvek s chybou, jehož vzhled ikony by mohl významově také představovat vypnutý prvek, spíše než překryvný zelený obdélník, který ho ve skutečnosti reprezentuje.



Obr. 29: Heatmapa označení vypnutého prvku

Jednotlivé objekty, které je možné vložit do diagramu jsou vždy odlišeny ikonou s názvem, takže je jasné, o jaký objekt se jedná. Toto bylo otestováno u prvku zobrazujícího atributová data a všichni respondenti zodpověděli správně, protože je to z názvu jasné. Dobré skóre odpovědí bylo také u označení vstupních vrstev u otázky č. 2. V daném diagramu se nachází 2 vstupní vrstvy reprezentované objektem Add Feature Layer. **Duální kódování** je zde použito velmi vhodně, protože ze samotné ikony by určitě nebylo jasné, o jaký objekt se jedná. Duální kódování testovala také otázka č. 4, která se ptala, zda bude výstup stejného typu jako vstup. Tuto informaci je možné vyčíst pouze z textových popisek u jednotlivých objektů. Pouze 2 respondenti odpověděli špatně, z toho plyne, že z textových popisek je tato informace dobře čitelná i přesto, že uživatel si musí nejprve odvodit, kde je naznačen vstupní soubor a jeho typ a porovnat ho s výstupním souborem. Na Obr. 30 je pomocí spojovacích čar naznačen pohyb očí vybraného respondenta, u kterého jde vidět, jak čte popisky a hledá v nich odpověď.



Obr. 30: Použití duálního kódování (průměr fixace snížen na 20 px)

5.2 Statistické hodnocení eye-tracking testování

Pro každou VPL komponentu bylo provedeno statistické vyhodnocení, a to jak v rámci každé komponenty, tak mezi jednotlivými komponentami jako srovnání stejných otázek. Byly použity základní popisné statistiky a testování statistických hypotéz.

V rámci každé komponenty byly testovány otázky, kde bylo úkolem označit klikem myši určitý typ objektu. Cílem bylo zjistit, zda se u jednotlivých typů objektů liší čas kliknutí a jak velké jsou mezi nimi rozdíly. Výsledky jsou důležité hlavně pro princip fyzické rozlišitelnosti. Data času kliknutí VPL komponent byly otestovány pomocí Shapiro-Wilkova testu normality a u všech bylo na hladině významnosti 0,05 zamítnuto normální rozdělení. Tím pádem bylo nutné dále použít testy pro neparametrická data. Kruskal-Wallisův test je neparametrickou obdobou analýzy rozptylu jednoduchého třídění. Testuje, zda všechny výběry pochází ze stejného rozdělení (Obadálková, 2012). U všech VPL komponent bylo zjištěno, že čas kliknutí je ovlivněn jednotlivými typy objektů (ukázka výsledků Kruskal-Wallisova testu lze vidět u komponenty Model Maker). Dále je možné posoudit, jaké typy objektů mají mezi sebou statisticky významný rozdíl. K tomu bylo použito Mnohonásobné porovnání po Kruskal-Wallis testu a Párování porovnání pomocí Wilcoxonova testu.

- **Model Maker**

Pro otestování, zda všechny výběry pochází ze stejného rozdělení, byl použit Kruskal-Wallisův test.

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: klikcas by objekt
Kruskal-Wallis chi-squared = 17.0073, df = 4, p-value = 0.001927
```

Zde se posoudí hodnota p-value, pokud je větší než 0,05 lze potvrdit nulovou hypotézu, tedy že všechny výběry pochází ze stejného rozdělení. V tomto případě je tomu naopak, tím pádem zamítáme nulovou hypotézu ku prospěch alternativní a můžeme potvrdit, že výběry nepochází ze stejného rozdělení. Dále byly provedeny testy pro porovnání jednotlivých objektů mezi sebou a zjištění statisticky významných rozdílů. Pro výpočet byly použity otázky č. 2, 3, 9, 10, 12 (Tabulka 2), kde se měl klikem myši označit daný objekt.

```
Multiple comparison test after Kruskal-Wallis
p.value: 0.05
Comparisons
```

	obs.dif	critical.dif	difference
funkce-matice	10.555556	23.63397	FALSE
funkce-rastr	29.076389	24.36134	TRUE
funkce-skalár	28.888889	23.97901	TRUE
funkce-tabulka	13.111111	23.63397	FALSE
matice-rastr	18.520833	24.36134	FALSE
matice-skalár	18.333333	23.97901	FALSE
matice-tabulka	2.555556	23.63397	FALSE

rastr-skalár	0.187500	24.69622	FALSE
rastr-tabulka	15.965278	24.36134	FALSE
skalár-tabulka	15.777778	23.97901	FALSE

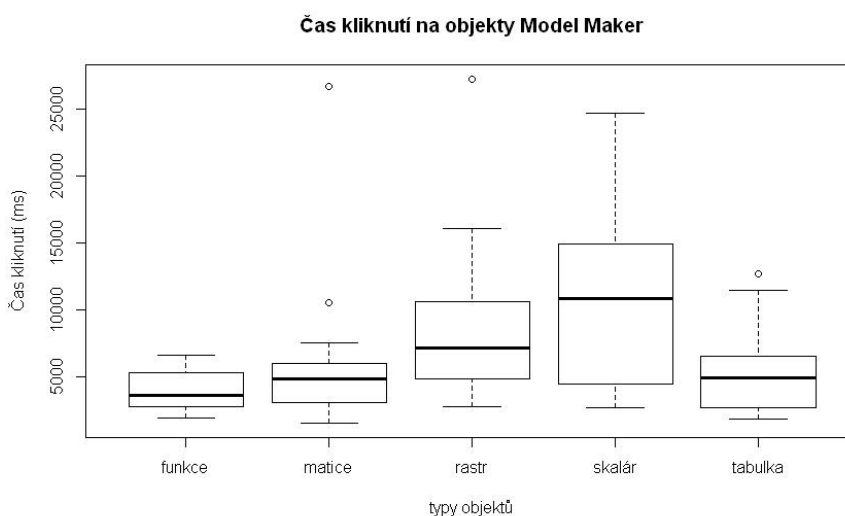
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: klikcas and objekt

	funkce	matice	rastr	skalár
matice	0.5749	-	-	-
rastr	0.0037	0.1972	-	-
skalár	0.0098	0.3422	1.0000	-
tabulka	0.5039	1.0000	0.3485	0.3140

P value adjustment method: holm

Tyto testy prokázaly statisticky významný rozdíl mezi dvojicemi objektů funkce-rastr a funkce-skalár. Rozdíly lze sledovat také na boxplotu (Obr. 31), kde nejdelší čas byl zjištěn u objektu skalár a nejkratší čas u objektu funkce. Skalár má také největší rozpětí hodnot a funkce naopak nejmenší. Skalár se používá v diagramech méně často a je pro něj použit jednoduchý čtyřúhelník, tedy nenápadný znak. Naopak funkce se vyskytuje v každém diagramu a tudíž ji má uživatel dobře zafixovanou, navíc symbol funkce je kruh a svým tvarem se nápadně odlišuje od všech ostatních symbolů, které jsou různé n-úhelníky.



Obr. 31: Boxplot času kliknutí na různé objekty Model Maker

- **Macro Modeler**

Kruskal-Wallisův test zamítl nulovou hypotézu, že všechny výběry pocházejí ze stejného rozdělení. Dále jsou uvedeny výsledky z testů pro porovnání rozdílů mezi jednotlivými typy objektů. Pro výpočet byly použity otázky č. 7, 9, 10, 12 (Tabulka 3), kde se měl klikem myši označit daný objekt..

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis

p.value: 0.05

Comparisons

	obs.dif	critical.dif	difference
atribut-příkaz	18.166667	18.40488	FALSE
atribut-rastr	2.416667	18.40488	FALSE
atribut-vektor	11.583333	18.40488	FALSE
příkaz-rastr	15.750000	18.40488	FALSE
příkaz-vektor	29.750000	18.40488	TRUE
rastr-vektor	14.000000	18.40488	FALSE

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: klikcas and objekt

atribut příkaz rastr

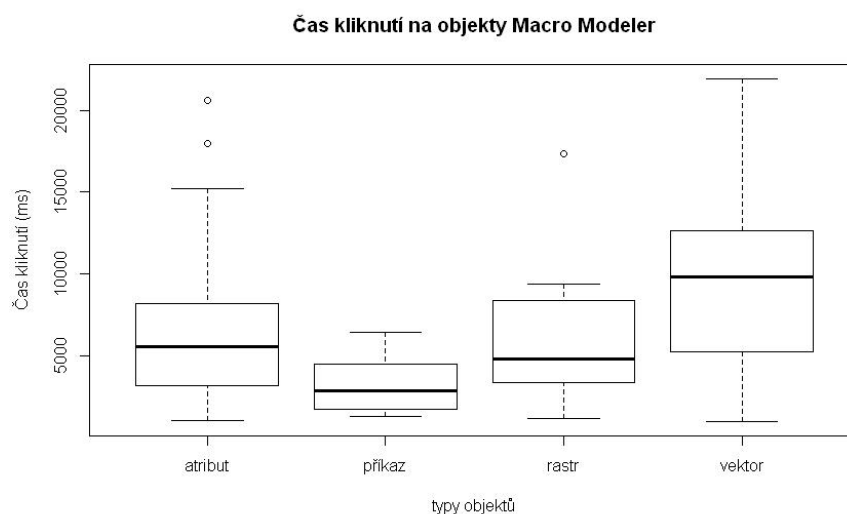
příkaz 0.02953 - -

rastr 0.88820 0.07365 -

vektor 0.20750 0.00056 0.07365

P value adjustment method: holm

První metodou byl zjištěn statisticky významný rozdíl pouze mezi dvojicí objektů příkaz-vektor, u Wilcoxonova testu byl ještě nalezen statisticky významný rozdíl u dvojice příkaz-atribut. Tyto rozdíly jsou patrné také z boxplotu na Obr. 32. Největší rozpětí hodnot lze vidět u vektoru a naopak nejmenší u příkazu. S tím souvisí, že respondenti nejrychleji označili příkaz a naopak nejpomaleji vektor a atribut. Tyto dva nejpomaleji označené objekty mají velmi podobný odstín barvy (žlutá a světle zelená), což uživatelům brání v dobré rozlišitelnosti a při rozhodování mezi touto dvojicí objektů stráví delší čas. Příkaz je typ objektu, který se vyskytuje v každém diagramu a uživatel ho má tedy dobře zafixovaný. Je navíc odlišen tvarem i barvou.



Obr. 32: Boxplot času kliknutí na různé objekty Macro Modeler

- **ModelBuilder**

Z výsledků Kruskal-Wallisova testu lze zamítnout tvrzení, že všechny výběry pocházejí ze stejného rozdělení a přesunout se k testům, které jednotlivé objekty srovnávají a zjišťují mezi nimi statisticky významný rozdíl. Pro výpočet byly použity otázky č. 2, 3, 6, 7, 9 (Tabulka 4), u kterých bylo úkolem klikem myši označit daný objekt.

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis

p.value: 0.05

Comparisons

	obs.dif	critical.dif	difference
funkce-iterátor	34.952381	26.38214	TRUE
funkce-vstupní parametr	3.000000	26.38214	FALSE
funkce-vstupní vrstva	5.000000	26.38214	FALSE
funkce-výstupní vrstva	14.809524	26.38214	FALSE
iterátor-vstupní parametr	37.952381	26.38214	TRUE
iterátor-vstupní vrstva	39.952381	26.38214	TRUE
iterátor-výstupní vrstva	49.761905	26.38214	TRUE
vstupní parametr-vstupní vrstva	2.000000	26.38214	FALSE
vstupní parametr-výstupní vrstva	11.809524	26.38214	FALSE
vstupní vrstva-výstupní vrstva	9.809524	26.38214	FALSE

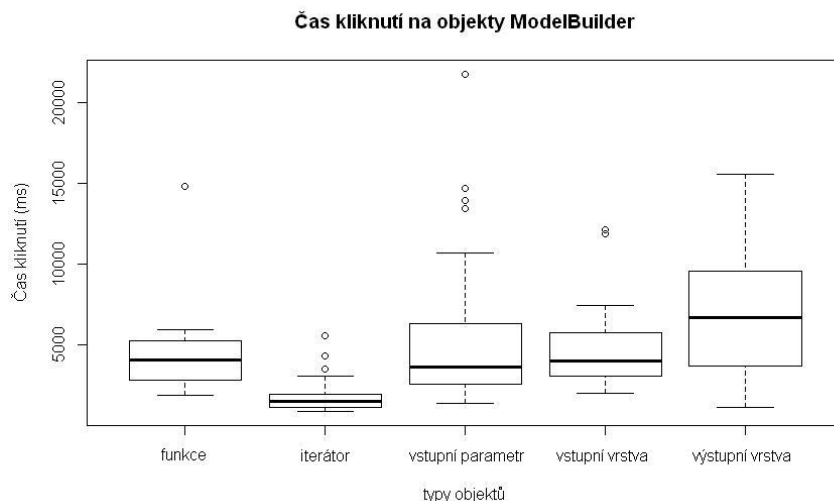
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: klikcas and objekt

	funkce	iterator	vstupparametr	vstupvrstva
iterator	3.2e-05	-	-	-
vstupparametr	1.00	7.4e-05	-	-
vstupvrstva	1.00	7.5e-06	1.00	-
vystupvrstva	0.21	6.2e-05	1.00	0.49

P value adjustment method: holm

Statisticky významný rozdíl v čase kliknutí byl potvrzen u čtyř dvojic, kterými jsou funkce-iterátor, vstupní parametr-iterátor, vstupní vrstva-iterátor a výstupní vrstva-iterátor. Jedná se o kombinace všech typů objektů s iterátorem, který byl respondenty zaznamenán nejrychleji. Tento prvek využívá perceptivní zvýraznění a navíc se může v diagramu vyskytovat vždy jen jednou, tyto skutečnosti způsobují lepší rozlišitelnost než u ostatních typů objektů. Mezi objekty vstupní vrstva a výstupní vrstva nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl i přesto, že v diagramu, kde bylo úkolem označit výstupní vrstvu byly zaměněné barvy a uživatelé se tedy museli řídit hlavně pomocí linií vazeb. Je zde ale vidět nejdelší čas kliknutí a také největší rozpětí hodnot, z toho plyne, že respondenti jsou na výchozí barvy ModelBuilderu zvyklí a při změně se musejí znovu orientovat, což jim zabere delší čas.



Obr. 33: Boxplot času kliknutí na různé objekty ModelBuilder

- **Workflow Designer**

Nulová hypotéza stejného rozdělení u všech výběrů v Kruskal-Wallisově testu byla zamítnuta a lze tedy přistoupit k testování statisticky významných rozdílů mezi objekty. Pro výpočet byly použity otázky č. 1, 2, 3, 6, 8, 9 (Tabulka 5), u kterých se měl klikem myši označit daný objekt.

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis

p.value: 0.05

Comparisons

	obs.dif	critical.dif	difference
analýza-chyba	35.315789	31.47651	TRUE
analýza-konec	50.947368	31.47651	TRUE
analýza-vstupní vrstvy	21.789474	31.47651	FALSE
analýza-vypnutý prvek	12.526316	31.47651	FALSE
analýza-zacátek	47.578947	31.47651	TRUE
chyba-konec	15.631579	31.47651	FALSE
chyba-vstupní vrstvy	13.526316	31.47651	FALSE
chyba-vypnutý prvek	22.789474	31.47651	FALSE
chyba-začátek	12.263158	31.47651	FALSE
konec-vstupní vrstvy	29.157895	31.47651	FALSE
konec-vypnutý prvek	38.421053	31.47651	TRUE
konec-začátek	3.368421	31.47651	FALSE
vstupní vrstvy-vypnutý prvek	9.263158	31.47651	FALSE
vstupní vrstvy-začátek	25.789474	31.47651	FALSE
vypnutý prvek-začátek	35.052632	31.47651	TRUE

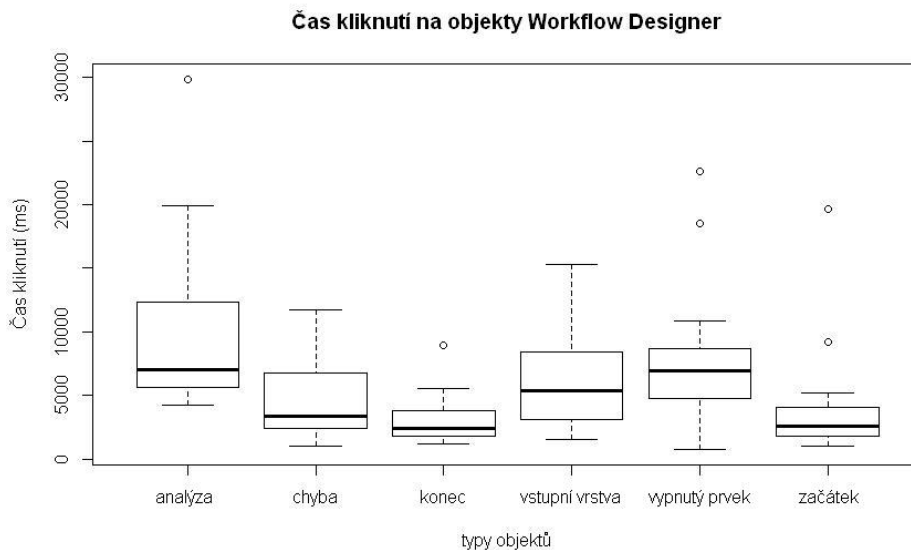
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: klikcas and objekt

	analýza	chyba	konec	vstupvrstvy	vypnutyprvек
chyba	0.0120	-	-	-	-
konec	1.8e-06	0.9774	-	-	-
vstupvrstva	0.1866	0.9774	0.0340	-	-
vypnutyprvек	1.0000	0.2799	0.0024	1.0000	-
zacatek	6.0e-05	1.0000	1.0000	0.1166	0.0139

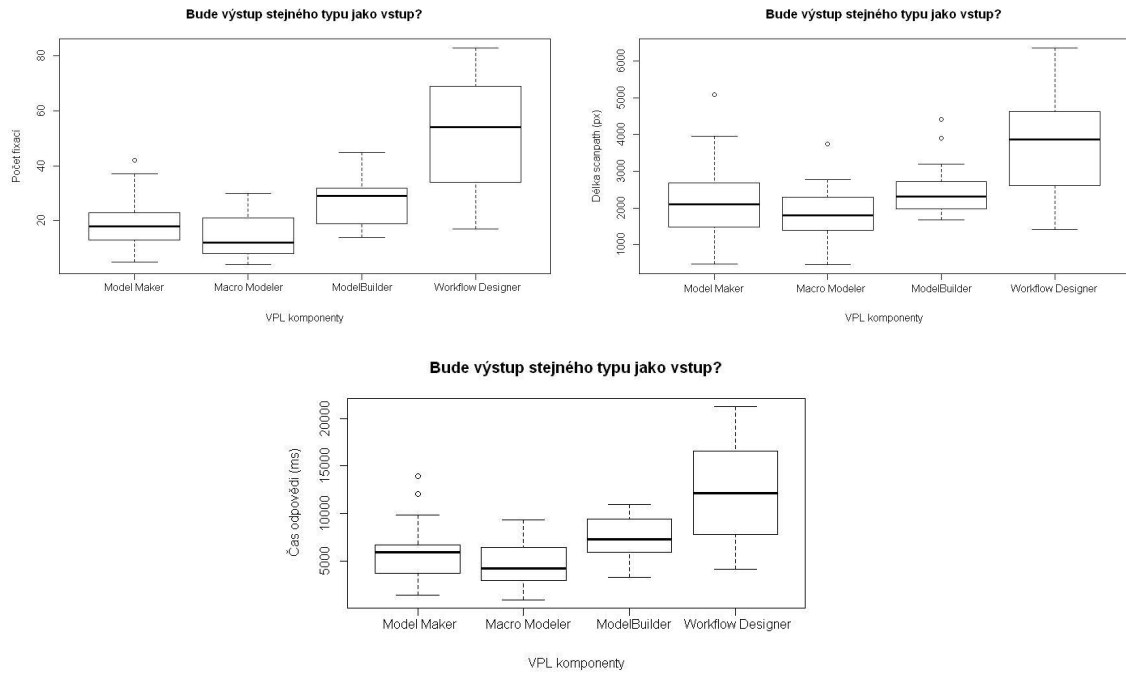
P value adjustment method: holm

Výsledky z testů ukazují, že je statisticky významný rozdíl u dvojic objektů analýza-chyba, analýza-konec, analýza-začátek, konec-vypnutý prvek, vypnutý prvek-začátek a u Wilcoxonova testu také konec-vstupní vrstva. Na Obr. 34 lze vidět, že prvky začátek a konec byly tedy označeny nejrychleji, jedná se o dobře rozlišitelné prvky. Největší hodnota mediánu je u vypnutého prvku. Tím je potvrzena velmi špatná rozlišitelnost, která je zmíněna i v předchozích kapitolách. Pro vypnutý prvek je použita zelená barva, která spíše v uživateli evokuje aktivitu. Největší rozpětí hodnot vychází u analýzy.



Obr. 34: Boxplot času kliknutí na různé objekty Workflow Designer

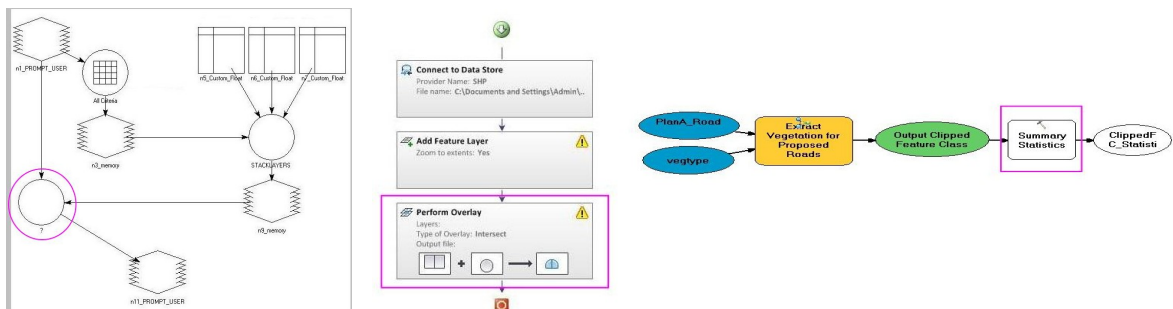
Dále byly statisticky vyhodnocené stejné otázky, které byly záměrně použity u všech testů, aby mohlo být provedeno závěrečné srovnání. Bylo ale omezené množství možností, jaké stejné otázky aplikovat, protože každá VPL komponenta používá odlišné typy objektů a jen v několika případech se podobají. Ve všech čtyřech VPL komponentách se shodovala otázka Bude výstup stejného typu jako vstup? Na Obr. 35 jsou zobrazeny boxploty pro všechny čtyři VPL komponenty s rozdíly v počtu fixací, času odpovědi a délce scanpath.



Obr. 35: Boxploty rozlišitelnosti mezi vstupem a výstupem

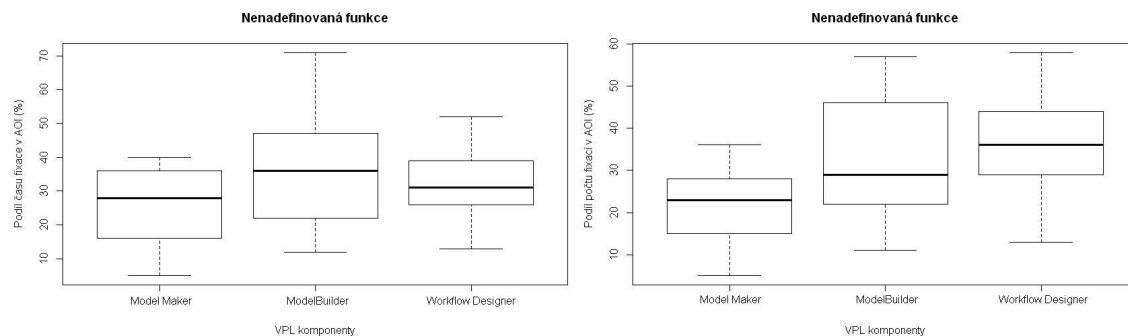
Největší hodnoty těchto charakteristik jsou u komponenty Workflow Designer. Je to způsobeno tím, že respondenti musí informaci o rozdílném typu hledat v textu. Na druhém místě je ModelBuilder, ve kterém je barevně rozlišen pouze vstup a výstup a uživatel musí tedy informaci o odlišnosti typu objektu vydedukovat z dané funkce. Komponenty Model Maker a Macro Modeler mají rozlišitelnost typu objektu vyjádřenou pomocí vzhledu objektu a tím jsou u nich také zaznamenány menší hodnoty měřených charakteristik.

Dále byla shodná otázka Označte nenadefinovanou funkci, ale pouze u třech komponent, a to Model Maker, ModelBuilder a Workflow Designer. U čtvrté komponenty Macro Modeler není možné nenadefinovanou funkci přidat do diagramu, protože už při samotném vložení funkce se objeví možnost zadání parametrů funkce, které se musí definovat, jinak se funkce nevloží do diagramu. Pro nenadefinovanou funkci byla tedy v každé VPL komponentě definována oblast zájmu (AOI), na Obr. 36 jsou vyznačeny fialovým obrysem.



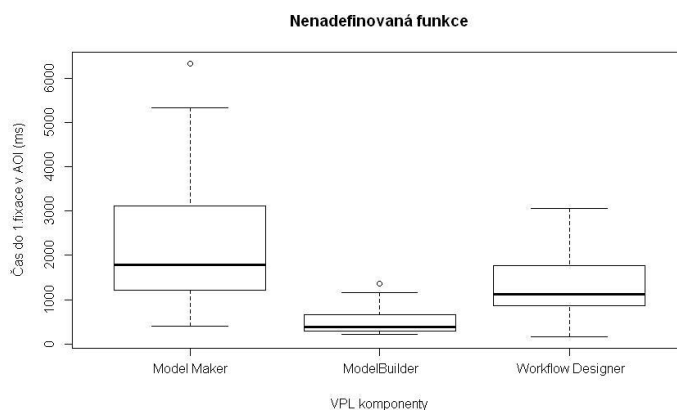
Obr. 36: AOI oblasti pro nenadefinovanou funkci

Poté byl zjištěn počet fixací a čas fixace v AOI. Na Obr. 37 jsou uvedeny charakteristiky čas a počet fixací v AOI přepočítané na procenta, jako podíl k celkovému času a počtu fixací. Toto přepočítání bylo provedeno z toho důvodu, že diagramy nejsou stejně velké. Hodnota mediánu je u podílu času fixace největší v komponentě ModelBuilder, tzn. že ve srovnání s ostatními dvěma komponentami strávili respondenti více času právě v nenadefinované funkci než ve zbytku diagramu. Hodnota mediánu u podílu počtu fixací v AOI je ale větší u komponenty Workflow Designer.



Obr. 37: Boxploty podílu fixace v AOI u nenadefinované funkce

Také byl zjištěn čas do 1. fixace v AOI oblasti. Zde bylo naměřeno, že nejrychleji byla nenadefinovaná funkce fixována u komponenty ModelBuilder, v boxplotu na Obr. 38 lze vidět i velmi malé rozpětí, takže se dá říct, že u všech respondentů zde byl tento prvek vyhledán velmi rychle. Je to způsobené tím, že symbol nenadefinované funkce nemá barevnou výplň na rozdíl od ostatních symbolů v diagramu. Prvek bez barvy je tudíž mnohem nápadnější než žlutý vykřičník u Workflow Diagramu nebo pouhý otazník u Model Makeru.



Obr. 38: Boxplot času do 1. fixace v AOI oblasti u nenadefinované funkce

Další společná otázka pro všechny komponenty byla Kolik různých typů objektů se nachází v diagramu? Po zvážení zde ale nejde tyto diagramy srovnávat, poněvadž je zde velká variabilita různých typů objektů a také reakce uživatelů na tuto otázku byly nejisté, protože zde mohlo dojít k subjektivnímu pojetí.

Nakonec byly zhodnoceny celkové časy odpovědí od všech otázek u čtyř VPL komponent a pro porovnání byly hodnoty zprůměrovány celkovým počtem uživatelů

a vloženy do Tabulky 6. Toto porovnání bylo možné udělat, protože všechny čtyři testy měly stejný počet otázek – 12. Lišil se jen počet respondentů u jednotlivých testů. Proto se provedlo pro každý test zprůměrování času počtem uživatelů. Z hodnot uvedených v tabulce je patrné, že rozdíly mezi jednotlivými komponentami nejsou velmi výrazné, mezi průměrným nejdelším a nejkratším celkovým časem je 14 sekund. Obtížnost jednotlivých testů je zhruba vyrovnána. Nejmenší hodnoty dosáhla komponenta Model Maker. S ohledem na to, že byla tato komponenta testována jako první, je to zajímavé zjištění. Pro testované uživatele to byla nová zkušenost, i když už se několikrát zúčastnili eye-tracking testování, ale většinou na jiné téma. Přibližně o pět sekund více byl průměrný celkový čas u komponenty ModelBuilder. Tato VPL komponenta je na KGI standardně vyučována, proto by s ní měli mít uživatelé největší zkušenost. Předpoklad nejkratšího celkového času tedy nebyl potvrzen. O několik sekund více měla komponenta Workflow Designer. Nejdelší průměrný celkový čas lze vidět u Macro Modeleru, jenž byl testován jako druhý v pořadí. Zde byl naměřen také nejdelší čas ze všech – 4,5 minuty.

Tabulka 6: Vyhodnocení celkového času VPL komponent

	VPL komponenty			
	Model Maker	Macro Modeler	Model Builder	Workflow Designer
průměrný celkový čas	01:39	01:53	01:44	01:47
nejkratší čas	00:56	00:56	01:02	01:01
nejdelší čas	02:44	04:27	03:25	02:40

6 VÝSLEDKY

Diplomová práce má dva hlavní výsledky. Prvním je hodnocení čtyř vybraných VPL komponent (Model Maker, Macro Modeler, ModelBuilder a Workflow Designer) podle principů fyzických notací, které definoval Daniel L. Moody. Druhým výsledkem diplomové práce je hodnocení eye-tracking testování slovně a pomocí statistických metod.

Pro vyhodnocení fyzických notací bylo nejprve podrobně popsáno všech devět definovaných principů v části Stav řešené problematiky. Poté byly tyto principy aplikovány na čtyři vybrané VPL komponenty. Pro shrnutí jsou dále uvedeny poznatky z těchto výsledků.

U všech komponent je dodržena **sémiotická čistota**, to znamená, že pro každý prvek je použit jeden grafický symbol.

Fyzická rozlišitelnost je v komponentě Model Maker řešena pouze tvarem, Macro Modeler používá tvar, barvu a styl textového popisu podobně jako ModelBuilder, který navíc používá také ikony. Workflow Designer využívá pro rozlišení jednotlivých objektů pouze ikony a textový popis. Libovolný textový popis, který lze vložit kamkoliv do diagramu a může tak napomoci správnému pochopení dané operace nebo oddělení jednotlivých částí, je využit pouze u komponent Model Maker a ModelBuilder. Uživatelská úprava vzhledu prvků je možná pouze u ModelBuilderu, s tím že nabízí změnu tvaru, barvy výplně a textu, velikosti objektu a textu, stylu textu a dokonce lze místo tvaru použít libovolný uložený obrázek. Vstupní a výstupní prvky jsou vzhledově odlišené také pouze u ModelBuilderu. U ostatních komponent se uživatel musí řídit pozicí objektu, konektivitou vazeb nebo textovým popisem.

Sémantická jednoznačnost je dodržena pouze u dvou objektů v Model Makeru, kterými jsou tabulka a matice, u ostatních komponent je tento princip řešen buď pomocí ikon nebo nijak.

Pro **řízení složitosti** využívají jednotlivé komponenty odlišné nástroje. Model Maker nemá žádné přímé nástroje, Macro Modeler nabízí objekt typu submodel, do kterého jde uložit jeden diagram a poté ho nahrát do dalšího diagramu, ModelBuilder obsahuje okno celkového náhledu a nástroj Auto Layout, Workflow Designer má pouze u některých prvků typu utilita srolovací tlačítko. Žádná VPL komponenta neobsahuje přímé nástroje pro **kognitivní integraci**.

Nejvíce vizuálních proměnných je možno najít u komponenty ModelBuilder, která navíc nabízí mnoho možností pro uživatelskou úpravu vzhledu, **vizuální expresivita** je zde tedy využita nejvíce.

Duální kódování je v určité míře využito ve všech komponentách, ve Workflow Designeru jsou textové popisy a ikony dokonce hlavním vyjádřením.

Princip **ekonomie grafiky** vychází z grafické složitosti, která je definována maximální hranicí šesti kategorií, nejbližší této hranici jsou tedy komponenty Model

Maker a Macro Modeler se sedmi grafickými symboly. Ve většině případů se ale v jednom diagramu nevyskytují všechny možné grafické symboly najednou.

V další části bylo provedeno eye-tracking testování VPL komponent a nakonec byly výsledky analyzovány a popsány slovně a pomocí statistických metod. Některé zajímavé postřehy jsou shrnuty v následujícím textu.

V komponentě **Model Maker** byl zaznamenán jako nejhůře rozlišitelný objekt skalár, u něhož téměř polovina respondentů nenašla správný grafický symbol. Tato špatná identifikace objektu skalár byla potvrzena také statisticky, kdy dvojice skalár-funkce mají statisticky významný rozdíl v čase označení objektu klikem myši. Je to způsobeno tím, že skalár se používá v diagramech méně často a je pro něj použit jednoduchý čtyřúhelník, tedy nenápadný znak. Naopak funkce se vyskytuje v každém diagramu a tudíž ji má uživatel dobře zafixovanou, navíc grafický symbol funkce je kruh a svým tvarem se nápadně odlišuje od všech ostatních symbolů, kterými jsou různé n-úhelníky. Dále bylo zjištěno, že u sémanticky jednoznačných objektů matice a tabulka byl zaznamenán vždy větší počet fixací na opačném objektu. To znamená, když bylo úkolem označit klikem myši tabulku, více fixací bylo na objektu matice a naopak. Z toho plyne, že princip sémantické jednoznačnosti není dodržen a mělo by být využito více prostředků pro jasnější znázornění významu těchto prvků. Podle výsledků metody eye-tracking jsou tyto grafické symboly spíše sémanticky nesprávné.

V komponentě **Macro Modeler** se pomocí eye-trackingu potvrdila špatná rozlišitelnost mezi objektem typu rastr a dynamická skupina, kde uživatelé většinou nerozeznali rozdíl mezi danými prvky. Velmi špatná rozlišitelnost byla zjištěna také u objektů vektor a soubor atributových hodnot. Také se to potvrdilo u statistické analýzy při porovnání časů kliknutí. Respondenti nejrychleji označili příkaz a naopak nejpomaleji vektor a také atribut. Příkaz je stejně jako funkce v Model Makeru obsažen v každém diagramu a navíc využívá perceptuální zvýraznění. U objektů vektor a soubor atributových hodnot je použit velmi podobný odstín barvy, což uživatelům brání v dobré rozlišitelnosti a při rozhodování mezi touto dvojicí objektů stráví delší čas.

V komponentě **ModelBuilder** většina respondentů nezaznamenala odlišnost mezi vstupní vrstvou a vstupní hodnotou, protože tyto dva prvky používají podobný odstín modré barvy. Naopak označení iterátoru nedělalo nikomu problém, což bylo potvrzeno také ve statistické analýze, kde byl zjištěn statisticky významný rozdíl v čase kliknutí u všech kombinací prvků s iterátorem. Tento prvek využívá perceptivní zvýraznění a navíc se může v diagramu vyskytovat vždy jen jednou, tyto skutečnosti způsobují lepší rozlišitelnost než u ostatních typů objektů. Mezi objekty vstupní vrstva a výstupní vrstva nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl i přesto, že v diagramu, kde bylo úkolem označit výstupní vrstvu byly zaměněné barvy a uživatelé se tedy museli řídit hlavně pomocí linií vazeb.

V komponentě **Workflow Designer** bylo nejvíce špatných odpovědí zaznamenáno u vypnutého prvku, kde je použito zelené barvy, která spíše představuje aktivitu nebo zvýraznění a je tedy v tomto případě zavádějící. Prvek s chybou někteří respondenti

zaměnili s nenadefinovaným prvkem. Jsou použity velmi podobné ikony, obě reprezentují nějakou chybu a není hned patrné jakou. Špatná identifikace vypnutého prvku byla také potvrzena statistickou analýzou, kde byla zjištěna největší hodnota mediánu právě u vypnutého prvku. Naopak nejrychleji byly označeny prvky začátek a konec, které vymezují samotný prostor pro diagram a vyskytují se v každém diagramu.

7 DISKUZE

Cílem diplomové práce bylo provést hodnocení eye-tracking testování různých vizuálních programovacích jazyků používaných v GIS z hlediska principů fyzických dimenzí pro kognitivně efektivní vizuální notace.

Spojují se zde dohromady dvě metody hodnocení. Jednou metodou je hodnocení podle principů fyzických dimenzí, které je spíše subjektivní, protože jsou definovány pouze principy a ten, kdo provádí hodnocení může vnést do výsledku vlastní myšlenky a úsudky. Také se většinou nepodaří jednomu člověku vystihnout všechny problémy nebo naopak přednosti. Proto je na místě použít další metodu eye-tracking testování, která je považována za objektivní a neprojevuje se v ní názor hodnotícího člověka, který by měl v tomto případě vycházet pouze z výsledků testování. Metodou eye-tracking jsou testující uživatelé ovlivněny pokládáním otázkou a vizuální podobou stimulu.

Pro tuto práci byly vybrány VPL komponenty, které jsou součástí GIS programů na Katedře Geoinformatiky. ERDAS Imagine 2013 obsahuje od novějších verzí další VPL komponentu Spatial Model Editor, která se diametrálně liší od vybrané komponenty Model Maker. Proto bylo uvažováno, zda bude také zahrnuta do testování. Z časových důvodů byla ale tato možnost zamítnuta. Už tak bylo velmi náročné otestovat a posléze zhodnotit čtyři vybrané VPL komponenty, natož aby se přidala další. Další práce by se tedy mohla zabývat problematikou, která se již do této práce nevešla, a to srovnáním dvou VPL komponent Spatial Model Editor a Model Maker.

Vybrané VPL komponenty se od sebe velmi liší. Jednak každá komponenta používá odlišné typy objektů a jen v několika případech se shodují. Také se liší v grafickém vyjádření jednotlivých prvků. Právě Model Maker používá k rozlišení pouze tvar a grafické symboly jsou černobílé. Při srovnání bylo tedy zajímavé pozorovat odlišné způsoby vyjádření prvků a tím i odlišné vnímání uživatelů. Bohužel se ale nepodařilo najít mnoho podobných objektů, které by mohly být srovnány. Proto se přistoupilo spíše ke srovnání jednotlivých objektů v rámci jedné komponenty. Pouze dvě otázky byly srovnány v rámci všech komponent. Alespoň byl tedy zhodnocen celkový průměrný čas všech VPL komponent. Pro srovnání je tedy nejspíš lepší vybrat si komponenty, které mají více prvků společných a také porovnávat menší množství, nejlépe dvě komponenty mezi sebou. Toto doporučení může být přínosné pro další práce zabývající se podobnou problematikou.

Na začátku bylo uvažováno, zda testovat uživatele bez zkušeností nebo ty, které znají vybrané VPL komponenty. Je ale potřeba, aby respondenti měli alespoň základní znalosti o prvcích v dané komponentě, protože jinak by se mohlo stát, že vůbec nebudou vědět, co při zadané otázce hledat. Většina objektů totiž nemá vzhled uzpůsobený jeho významu. Navíc většina studentů na KGI má od druhého ročníku zkušenost s VPL komponentou ModelBuilder, která je standardně používána a studenti jí znají nejvíce ze všech vybraných komponent. Aby byly zachovány stejné podmínky znalostí pro testování, musely být dvě VPL komponenty doučeny v rámci předmětu Data Mining.

Při hodnocení grafických symbolů byly zjištěny určité problematické vlastnosti, které by mohly být změněny nebo navrženy jiným způsobem. Nabízí se zde tedy vytvoření nových návrhů vzhledu daných grafických symbolů. V této práci již ale na tuto problematiku nebyl prostor, bylo tedy alespoň na dané nesrovnalosti upozorněno a pro novou práci je tedy vytvořen základ, který je také podložen statistickým hodnocením. Bylo by tedy možné navrhnout novou podobu notace a poté jí srovnat se stávající, při použití metody eye-tracking testování by mohly vzniknout zajímavé výsledky, které by se mohly poslat i samotným vývojářům VPL komponent.

U komponenty Macro Modeler nastaly technické problémy se zaznamenáním kliků myši, ale ten samý test již nemohl proběhnout znovu. Proto byly jednotlivé otázky, kde bylo úkolem označit klikem myši daný objekt, přidány do posledního testu Workflow Designer. Do hodnocení těchto otázek byly ale zahrnuti pouze studenti, kteří měli s danou komponentou zkušenost.

Práce je přínosná množstvím získaných dat hlavně z testování eye-tracking metodou a také obsahuje velké množství hodnocení výsledků, které mohou být základem pro další práce.

8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provést hodnocení eye-tracking testování různých vizuálních programovacích jazyků používaných v GIS z hlediska principů fyzických dimenzí pro kognitivně efektivní vizuální notace. Hlavní náplní práce byla aplikace principů fyzických dimenzí na jednotlivé VPL komponenty, příprava, průběh a vyhodnocení eye-tracking testů slovně a pomocí statistických metod.

Pro účely testování různých vizuálních programovacích jazyků v GIS byly vybrány čtyři VPL komponenty, a to Model Maker (ERDAS Imagine 2013), Macro Modeler (Idrisi 17.0 The Selva Edition), ModelBuilder (ArcGIS 10.1 for Desktop Advanced) a Workflow Designer (AutoCAD Map 3D 2014). V uvedeném pořadí byly také otestovány. Tyto komponenty se vyskytují v programech, které jsou standardně k dispozici na učebnách Katedry Geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. Testování se zúčastnili studenti KGI, kteří měli s těmito VPL komponentami zkušenosti. První dvě testované komponenty nejsou v žádném předmětu vyučovány, proto muselo být provedeno základní seznámení studentů s grafickým prostředím, tvorbou diagramů a také několik samostatných cvičení.

Na čtyři vybrané VPL komponenty byly aplikovány principy fyzických dimenzí, které definoval Daniel L. Moody. Teoreticky tedy bylo u každé komponenty popsáno všech devět principů fyzických dimenzí a zároveň bylo zhodnoceno, jak jsou dané principy v jednotlivých komponentách splněny.

Výsledky eye-tracking testování byly analyzovány a poté vyhodnoceny slovně a pomocí statistických metod. Podařilo se potvrdit některá tvrzení, která vznikla při hodnocení VPL komponent z hlediska principů fyzických dimenzí. Jedná se převážně o fyzickou rozlišitelnost grafických symbolů a celkově o vizuální expresivitu jednotlivých komponent.

Na konec byly o diplomové práci vytvořeny webové stránky, které jsou umístěné na serveru Katedry Geoinformatiky a zhotoven poster s hlavními výsledky práce. Všechny data jsou uložena na DVD, které je přílohou této práce.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BERTIN, Jacques. *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Univ. Of Wisconsin Press, 1983.

BLACKWELL, Alan a GREEN, Thomas. *A Cognitive Dimensions Questionnaire* [online]. 2007 [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: <http://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/CognitiveDimensions/CDquestionnaire.pdf>

DOBEŠOVÁ, Zdena. *Visual programming language in geographic information systems. Recent Researches in Applied Informatics* [online]. 2011, s. 276-280 [cit. 2014-07-28]. ISBN 978-1-61804-034-3. Dostupné z: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Prague/AICT/AICT-47.pdf>

DOBEŠOVÁ, Zdena a Petr DOBEŠ. *Differences in visual programming for GIS. Applied Mechanics and Materials*. 2014, 519-520, s. 355-358. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.519-520.355.

Eye-tracking at Department of Geoinformatics Palacký University in Olomouc, Czech Republic [online]. © 2012 [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: <http://eyetracking.upol.cz/>

HOLMQVIST, Kenneth, Marcus NYSTRÖM, Richard ANDERSSON, Richard DEWHURST, Halszka JARODZKA a Joost VAN DE WEIJER, 2011. *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. New York: Oxford University Press, xix, 537 s. ISBN 978-0-19-969708-3.

KOTYZ, Pavel. *Implementace nástrojů SMI Experiment Suite 360° pro hodnocení mapové kompozice* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kotyz13/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.

KUČERA Michal: *Využití open-source nástrojů pro přípravu, průběh a vyhodnocení eye-tracking experimentů* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2014-07-28]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kucera14/>.

KUDEĽKA, Václav. *Srovnání visuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kudelka13/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geoinformatiky.

LARKIN, Jill H. a SIMON, Herbert A. *Why a Diagram Is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words*. Cognitive Science, vol. 11, no. 1, pp. 65-100, 1987.

MACKINLAY, Jock. *Automating the Design of Graphical Presentations of Relational Information*. ACM Trans. Graphics, vol. 5, no. 2, pp. 110-141, 1986.

MILLER, George A. *The Magical Number Seven, Plus Or Minus Two: Some Limits In Our Capacity For Processing Information*. The Psychological Review, 1956, č. 63, s. 81-97.

MOODY, Daniel. *The “Physics” of Notations: Toward a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering*. IEEE Transactions on Software Engineering. 2009, roč. 35, č. 6, s. 756-779. DOI: 10.1109/TSE.2009.67.

MOODY, Daniel. *The Art (and Science) of Diagramming: Communicating Effectively Using Diagrams*. VL/HCC Tutorial, Innsbruck, 2012.

OBADÁLKOVÁ Veronika: *Hodnocení vlivu barev na čitelnost digitálních map* [online]. Olomouc 2012 [cit. 2014-07-28]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z: <http://geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/obadalkova12/>.

OTEVŘELOVÁ, Adéla. *Eye tracking vyhodnocení salience a interaktivní práce ve vizuálních programovacích jazycích* [online]. Olomouc 2014 [cit. 2014-07-28]. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z: <http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/otevrelova14/>.

SIMON, Herbert Alexander. *Sciences Of The Artificial (3rd edition)*. Boston, USA 1996. MIT Press.

STEVENS, Stanley Smith. *Psychophysics*. John Wiley & Sons, 1975.

STÖRRLE, H. *On the impact of layout quality to understanding UML diagrams: Diagram type and expertise*. VL/HCC : IEEE, 2012. ISBN 978-1-4673-0852-6, s. 49-56.

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/>.

VOŠKÜHLER, Adrian. *OGAMA Description (for Version 2.5): a software to record, analyze and visualize gaze and mouse movements in screen based environments*. Berlin, 2009 [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: <http://www.ogama.net/sites/default/files/pdf/OGAMA-DescriptionV25.pdf>

VOŠKÜHLER, Adrian. *OGAMA: open gaze and mouse analyzer* [online]. 26.05.2014 [cit. 2014-07-28]. Dostupné z: <http://www.ogama.net/>

SUMMARY

The aim of diploma thesis was to evaluate an eye-tracking testing of various visual programming languages used in GIS in terms of the principles „The physics of notation” for cognitively effective visual notations. The main content was the application of the principles on selected VPL components, preparation, process and evaluation of eye-tracking testing verbally and using statistical methods.

For the purpose of testing various visual programming languages in GIS, four VPL components were selected, namely Model Maker (ERDAS Imagine 2013), Macro Modeler (Idrisi 17.0 The Selva Edition) ModelBuilder (ArcGIS 10.1 for Desktop Advanced) and Workflow Designer (AutoCAD Map 3D 2014). In that order were also tested. These components are parts of the programmes, which are normally available in classrooms of Department of Geoinformatics Palacky University in Olomouc. Testing was attended by KGI students who had experiences with these VPL components. The first two components are not taught in any subject, therefore some basic introduction about graphical interface, creating diagrams and also several individual exercises was done.

The principles of physical dimension defined by Daniel L. Moody were applied on the four selected VPL components. In theory, each component was described in all nine principles of physical dimensions and it was at the same time assessed if the principles in selected VPL components are fullfill.

The results of eye-tracking tests were analyzed and evaluated verbally and using statistical methods. It confirms some claims which arose in the evaluation of VPL components in terms of the principles of physical dimensions. It is mainly physical discriminability of graphic symbols and overall visual expressiveness of the selected components.

Finally, a website about this diploma thesis was created, it's placed on the server of the Department of Geoinformatics and also a poster with the main results of the work was created. All data are stored on the DVD attached to this work.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1 Poster

Příloha 2 DVD

Popis struktury DVD

Adresáře:

- Diagramy_ArcGIS
- Diagramy_AutoCAD
- Diagramy_Erdas
- Diagramy_Idrisi
- EyeTracking_data
- EyeTracking_projekty_BeGaze
- EyeTracking_projekty_Ogama
- Metadata
- Priloha
- Statistika_data
- Text_prace
- Web