

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

**HODNOCENÍ GRASS GIS GRAPHICAL
MODELER PODLE PRINCIPŮ
FYZICKÉ NOTACE**

Bakalářská práce

David NOVÁK

Vedoucí práce Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.

Olomouc 2016
Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení grafické notace VPL komponenty GRASS GIS Graphical Modeler podle devíti principů fyzické notace Daniela Moodyho a metodou eye-tracking.

Před hodnocením byla vytvořena rešerše grafické notace komponenty. Hodnocení je provedeno v textové podobě, rozpory s principy a nedostatky v grafické notaci jsou popsány a jsou uvedeny příklady změn notace pro uvedení do souladu s principy. Aplikace principů slouží k vytvoření kognitivně efektivní grafické notace.

Dále byl zhotoven eye-tracking experiment ve dvou provedeních pro počítačové programy SMI Experiment Center a OGAMA obsahující 33 stimulů s příklady diagramů toků dat. Experiment reflektuje závěry z hodnocení podle principů a slouží k praktickému ověření těchto závěrů. Testování metodou eye-tracking bylo provedeno s 19 studenty Univerzity Palackého a 7 studenty ČVUT v Praze. Výsledkem testování je analýza naměřených dat a porovnání s hodnocením. Součástí testování je dotazník s osmi otázkami.

Výsledky práce jsou vhodné jako podklad pro úpravu grafické notace Graphical Modeler a zvýšení její kognitivní efektivity.

KLÍČOVÁ SLOVA

GRASS GIS; Graphical Modeler; principy fyzické notace; diagram; eye-tracking

Počet stran práce: 50

Počet příloh: 3 (z toho 1 vevázaná, 1 volná a 1 elektronická)

ANOTATION

The aim of this thesis is an evaluation of visual notation of the GRASS GIS VPL component Graphical Modeler according to the nine principles of the physics of notation by Daniel Moody and by using the method of eye-tracking.

Prior to evaluation, a research of visual notation of the component had been created. The evaluation was made in a form of theoretical text, conflicts with principles and imperfections of visual notation are described with practical examples of changes in notation for conformity with principles. The application of principles allows the designing of cognitively effective visual notation.

In the next step was designed an eye-tracking experiment in two versions for computer programs SMI Experiment Center and OGAMA which include 33 stimuli with examples of data flow diagrams. The experiment reflects the conclusions of evaluation and serves for practical verification of these conclusions. The eye-tracking testing was executed with 19 students of Palacký University and 7 students of CTU in Prague. The outcomes of experiments are an analysis of recorded data and comparison with theoretical evaluation. A survey with 8 questions was created as well.

The conclusions of this thesis are suitable as a basis for adjustment of the visual notation of Graphical Modeler and improving its cognitive effectivity.

KEYWORDS

GRASS GIS; Graphical Modeler; Physics of Notation; Diagram; Eye-tracking

Number of pages: 50

Number of appendixes: 3

Prohlašuji, že

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

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

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

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

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

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

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

V Olomouci dne 9. 5. 2016

David Novák

Děkuji vedoucí práce Ing. Zdeně Dobešové, Ph.D. za cenné rady a podněty při vypracování práce a Mgr. Stanislavu Popelkovi, Ph.D. za konzultace při vytváření a analýze eye-tracking testování. Dále také děkuji celému týmu vývojářů projektu GRASS GIS za jejich vynaložený čas a úsilí, které věnují všem uživatelům bez nároků na honorář. Především pak Ing. Martinu Landovi, Ph.D. bez něhož by tato práce nemohla vzniknout.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David NOVÁK**
Osobní číslo: **R13255**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Geoinformatika a geografie**
Název tématu: **Hodnocení GRASS GIS Graphical Modeler podle principů fyzické notace**
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Cílem práce je provést hodnocení grafické notace komponenty GRASS GIS Graphical Modeler z hlediska principů fyzické notace pro kognitivně efektivní vizuální notace.

Student nejprve zpracuje rešerši grafické notace a základní funkcionality komponenty Graphical Modeler. Student připraví a realizuje eye-tracking testy pro potřeby hodnocení, kde nachystá různé příklady diagramů toků dat. Budou nachystány testy s otázkami i bez otázek. Pro hodnocení budou použity principy fyzické notace podle Daniela Moody. Hodnocení fyzické notace bude porovnáno s výsledky z eye-tracking testů.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně zálohu údajů ve formě validovaného XML souborů. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O bakalářské práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI (2010).

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **max. 50 stran**
Forma zpracování bakalářské 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.

Šimoník, D. Hodnocení grafické notace ArcGIS Diagrammer podle principů fyzických dimenzí, bakalářská práce, Katedra geoinformatiky, PřF Univerzita Palackého Olomouc, 2014

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.

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

Landa M. wxGUI Graphical Modeler, dostupné z <http://grass.osgeo.org/grass70/manuals/wxGUI.gmodeler.html>
Landa M. VideoTutorials

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

Datum zadání bakalářské práce: **15. června 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2016**

prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.
děkan

L.S.

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

prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 15. června 2015

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE.....	11
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	12
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	14
3.1 Vizualní programování	14
3.2 Hodnocení grafické notace	14
3.2.1 Principy fyzické notace pro kognitivně efektivní vizuální notace	14
3.2.2 Práce na katedře geoinformatiky UP	15
3.3 GRASS GIS.....	16
3.3.1 Komponenta Graphical Modeler.....	17
3.4 Grafická notace Graphical Modeler.....	17
4 HODNOCENÍ PODLE PRINCIPŮ FYZICKÉ NOTACE	20
4.1 Principle of Semiotic Clarity	20
4.2 Principle of Perceptual Discriminability	22
4.3 Principle of Semantic Transparency.....	23
4.4 Principle of Complexity Management	24
4.5 Principle of Cognitive Integration.....	27
4.6 Principle of Visual Expressiveness.....	27
4.7 Principle of Dual Coding	28
4.8 Principle of Graphic Economy	30
4.9 Principle of Cognitive Fit	30
5 HODNOCENÍ METODOU EYE-TRACKING	31
5.1 Příprava testování	31
5.2 Provedení testování.....	32
5.3 Statistická analýza testování	33
5.4 Porovnání s hodnocením podle principů fyzické notace	37
5.4.1 Semiotic Clarity, Perceptual Discriminability.....	37
5.4.2 Dual Coding.....	41
5.4.3 Complexity Management	42
5.5 Dotazníkové šetření	43
6 VÝSLEDKY	46
6.1 Metoda hodnocení podle principů fyzické notace.....	46
6.2 Metoda eye-tracking testování	47
7 DISKUZE	49
8 ZÁVĚR	50
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
AOI	Area of Interest
ČVUT	České vysoké učení technické
GIS	geografický informační systém
GNU GPL	GNU General Public License
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
GXM	GRASS Model File
KGI	katedra geoinformatiky
OGAMA	Open Gaze and Mouse Analyzer
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
PNG	Portable Network Graphics
UP	Univerzita Palackého
VPL	Visual Programming Language
wxGUI	nativní grafické uživatelské rozhraní GRASS GIS používající knihovnu wxPython

ÚVOD

Během vývoje geografických informačních systémů se vizuální programovací jazyky (VPL) ukázaly jako užitečný pomocník pro vytváření vlastních algoritmů za využití již podporovaných funkcí a operací a bez nutné znalosti skriptovacího jazyka. Umožnily tak i méně pokročilým uživatelům pracovat s prostorovými daty s větší efektivitou.

Aplikací vizuálního programování do GIS jsou tzv. VPL komponenty, které se v jednotlivých systémech od sebe liší jak vzhledem, tak svými funkcemi. Spojuje je ovšem orientace na uživatele a snaha o jejich snadné a intuitivní použití. Vizuální programování k tomu používá grafické vyjádření prvků, grafická notace obsahuje symboly vyjadřující jednotlivé funkce, data a vztahy mezi nimi. Avšak naplnění významu vizuálního programování je mnohdy znesnadněno tím, že grafická notace je málo srozumitelná nebo nejasná. Pro odhalení chyb a návrhy řešení lze využít různé principy hodnocení.

Hodnocením grafické notace můžeme dosáhnout ideální VPL komponenty, která bude správná po stránce percepční i kognitivní. Tato práce využívá k hodnocení principy fyzické notace Daniela Moodyho a aplikuje je na eye-tracking experimentu s vybranými respondenty.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je provést hodnocení grafické notace komponenty GRASS GIS Graphical Modeler z hlediska principů fyzické notace pro kognitivně efektivní vizuální notace podle Daniela Moodyho (2009).

Nejprve je provedena rešerše současného stavu řešené problematiky a komponenty GRASS GIS Graphical Modeler. Dále je grafická notace této komponenty teoreticky zhodnocena podle devíti principů fyzické notace. Následuje sestavení příkladů diagramů, které slouží jako stimuly pro eye-tracking testování vybraných respondentů. Dle výsledků analýzy naměřených dat je provedeno další hodnocení grafické notace komponenty. To je závěrem porovnáno s hodnocením podle principů fyzické notace.

Výsledky práce umožní kritické zhodnocení grafické notace GRASS GIS Graphical Modeler a navrhnou takové změny v této komponentě, které budou ve shodě s principy fyzické notace pro kognitivně efektivní vizuální notace. Tyto navržené změny budou předloženy autorům GRASS GIS a mohou sloužit jako manuál při úpravě grafické notace vedoucí ke zlepšení komponenty pro uživatele.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Použité metody

V této bakalářské práci byla použita metoda hodnocení podle principů fyzické notace vytvořených Danielem Moodym v roce 2009. Poznatky získané tímto hodnocením byly aplikovány v praktické části, kde byl vytvořen eye-tracking test a dotazník pro respondenty z řad uživatelů. Výsledky z testu a dotazníku byly porovnány s výsledky hodnocení podle principů fyzické notace.

Použitá data

Pro účely sestavení eye-tracking testu byly vytvořeny nové diagramy toků dat v GRASS GIS komponentě Graphical Modeler nad daty z datasetu North Carolina, který je distribuován s instalací GRASS GIS jako zkušební data. V diagramech jsou použita data zřejmá z názvů vrstev, které se objevují v datových prvcích, nicméně použití jiné datové sady by nemělo žádný praktický vliv na provedený test. Jelikož je práce zaměřena na hodnocení grafické notace diagramů a k eye-tracking testu byly použity diagramy ve formě obrázků, tak dataset použitý při vytváření diagramů není součástí práce.

Použité programy

Hlavní program použitý v této práci vychází ze samotného zadání. Pro účely hodnocení podle principů fyzické notace a eye-tracking testování byly vytvořeny diagramy v komponentě Graphical Modeler programu GRASS GIS, 32bitové verze 7.0.3 pro operační systémy Microsoft Windows. Tato verze programu byla v době vytváření této práce (2016) nabízena uživatelům jako aktuální preferované verze programu s dlouhodobou podporou. Lze předpokládat, že hodnocení provedené na diagramech vytvořených v této verzi programu bude mít největší možnou hodnotu. Pro účely rešerše byly dále použity verze 6.4.3 a 7.0.0 pro Microsoft Windows.

Při vytváření a provádění eye-tracking testu byl použit program SMI Experiment Center ve verzi 3.6.44 a open source program OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer) verze 5.0.5614. Pro editaci diagramů použitých v testu byl použit freeware editor obrázků IrfanView 4.42. Analýza naměřených dat byla provedena v OGAMA, OpenOffice Calc 3.4.1, Microsoft Excel 2013 a RStudio verze 0.98.501.

Textová část práce byla napsána a závěrečná podoba sestavena v textovém procesoru Microsoft Word 2013. Editace obrázků vložených do práce byla provedena v programech Zoner Photo Studio 14 a IrfanView.

Pro vytvoření posteru byl použit open source grafický editor Inkscape verze 0.48.

Postup zpracování

Při zhotovení bakalářské práce bylo postupováno podle následujících kroků:

- nastudování odborné literatury se zaměřením na principy fyzické notace podle Daniela Moodyho a bakalářských a diplomových prací zabývajících se problematikou VPL na katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci,
- seznámení se s funkcí komponenty GRASS GIS Graphical Modeler,

- vytvoření návodu pro praktickou tvorbu modelů s cvičnými příklady pro výuku,
- sepsání rešerše vizuálního programování, principů fyzických notací, GRASS GIS Graphical Modeler a grafické notace této komponenty,
- aplikace devíti principů fyzické notace podle Daniela Moodyho na teoretické zhodnocení komponenty GRASS GIS Graphical Modeler a vytvoření návrhů na změnu grafické notace v případě, že při hodnocení budou nalezeny rozpory s principy,
- vytvoření diagramů pro účely eye-tracking testování a návrh struktury testu,
- provedení eye-tracking testování v laboratoři na katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci,
- provedení druhého eye-tracking testování na katedře geomatiky ČVUT v Praze,
- analýza naměřených dat, zhodnocení grafické notace a porovnání s hodnocením podle principů fyzické notace,
- sepsání celkového výsledku a závěru práce podle výsledků předchozích hodnocení,
- zhotovení pracovní zprávy bakalářské práce,
- zhotovení příloh k bakalářské práci,
- vytvoření webových stránek.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 Vizualní programování

Vizuální programování je způsob vytváření více kroků při zpracování dat, který primárně využívá grafické reprezentace samostatných kroků a jednoduchou grafickou konstrukci algoritmu (Dobešová, 2011). Grafická notace nástrojů pro vizuální programování je definována použitým specifickým vizuálním programovacím jazykem (VPL). Využití vizuálního programování má několik předností. První výhodou je snadné vytváření vlastních programů bez nutné znalosti textového programovacího jazyka. Další výhodou je díky grafickému vyjádření snadná orientace v algoritmu. U vizuálně vyjádřené informace je také větší pravděpodobnost, že si ji uživatel zapamatuje, než u textové (Moody, 2009). Diagramy vytvořené při vizuálním programování tak slouží i k prezentaci samotného programu. Na katedře geoinformatiky UP v Olomouci se vizuálním programováním ve svých publikacích zabývá Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.

Komponenty pro vizuální programování (VPL komponenty) jsou v dnešní době součástí mnoha GIS produktů. Díky jednoduchému vytváření vlastních řetězců nástrojů se práce s GIS zrychluje a zefektivňuje.

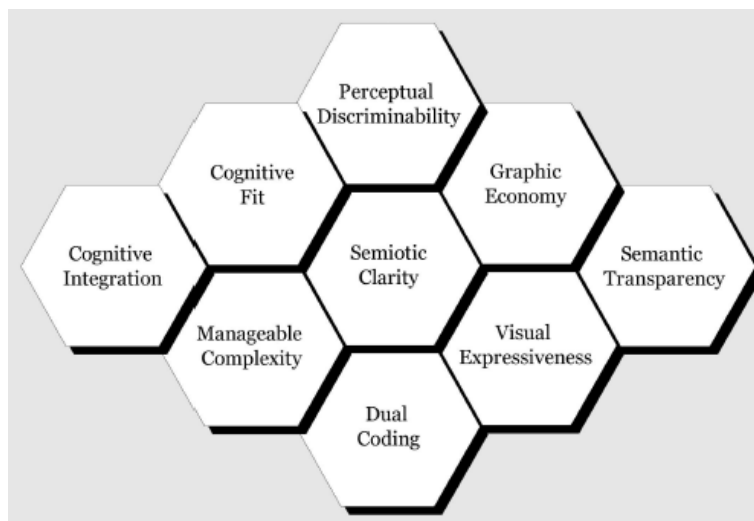
3.2 Hodnocení grafické notace

3.2.1 Principy fyzické notace pro kognitivně efektivní vizuální notace

Dr. Daniel L. Moody publikoval v roce 2009 v článku The “Physics” of Notations: Toward a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering devět principů pro vytváření kognitivně efektivních vizuálních notací a hodnocení vizuálního programování. Tyto principy reflektují teorie a poznatky z mnoha oborů včetně sémiotiky, grafického designu, komunikace, vzdělávání, kognitivní psychologie aj. Dohromady vytváří teorii fyzických notací, která se, jak vyplývá z názvu, zaměřuje spíše na percepční vlastnosti notací než na jejich sémantické vlastnosti (Moody, 2009). Cílem je znázornit postup zpracování tak, aby čtení, chápání, zpracování a zapamatování informací bylo co nejrychlejší a bezchybné.

Principy fyzické notace jsou na obrázku 3.1 zobrazeny ve formě včelí plástve, která znázorňuje možnost je dále přidávat či upravovat. Základní princip je středový Principle of Semiotic Clarity a je výchozím pro hodnocení jeho sousedících principů. Další principy spolu souvisí tak, jak naznačují hrany šestiúhelníků (Dobešová, 2015).

Principy fyzické notace jsou provázány celou řadou vztahů a vzájemně se ovlivňují. Vztahy jsou zobrazeny v tabulce 3.1. Vzájemný pozitivní efekt mezi principy je znázorněn symbolem +, negativní efekt symbolem – a symbolem ± je znázorněn vztah, který může mít obojí efekt v závislosti na situaci.



Obr. 3.1 Principy fyzické notace (Moody, 2009)

Seznam principů včetně českých překladů podle Šimoníka (2014):

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

Tab. 3.1 Vztahy mezi principy (Moody, 2009).

	Semiotic Clarity	Perceptual Discriminability	Semantic Transparency	Complexity Management	Cognitive Integration	Visual Expressiveness	Dual Coding	Graphic Economy	Cognitive Fit
Semiotic Clarity								±	
Perceptual Discriminability					+				+
Semantic Transparency	+								±
Complexity Management							-		+
Cognitive Integration	-		+				-		
Visual Expressiveness		+					+		±
Dual Coding									+
Graphic Economy	+		+		-				+
Cognitive Fit									

3.2.2 Práce na katedře geoinformatiky UP

Tato práce navazuje svým zadáním na řadu bakalářských a diplomových prací, které vznikly na katedře geoinformatiky UP v Olomouci pod vedením Ing. Zdeny Dobešové, Ph.D. a které se zabývají hodnocením grafických notací různých VPL komponent.

První bakalářská práce z této řady byla obhájena roku 2013 Václavem Kudělkou. V práci Srovnání vizuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí je k hodnocení použita metoda dotazníku kognitivních dimenzí z roku 2007 a částečně se zabývá i aplikací eye-tracking testování. Hodnocení je provedeno na čtyřech VPL komponentách ModelBuilder, Macro Modeler, Workflow Designer a Model Maker (Kudělka, 2013). Kudělka se dále zabývá komponentou ModelBuilder ve své diplomové práci Hodnocení uživatelského rozhraní GIS produktů při řešení geouloh pomocí eye-tracking testování z roku 2015.

V roce 2014 vznikly na katedře geoinformatiky další tři studentské práce z této řady. David Šimoník se ve své bakalářské práci Hodnocení grafické notace ArcGIS Diagrammer podle principů fyzických dimenzí poprvé zabývá využitím principů fyzické notace podle Daniela Moodyho. Hodnocení je aplikováno na komponentu grafického modelování geodatabáze ArcGIS Diagrammer a je porovnáno s metodou eye-tracking (Šimoník, 2014).

Bc. Adéla Otevřelová ve stejném roce obhájila diplomovou práci Eye-tracking vyhodnocení salience a interaktivní práce ve vizuálních programovacích jazycích. Tato práce navazuje svým zaměřením na bakalářskou práci Václava Kudělky, jelikož hodnotí stejné VPL komponenty. K hodnocení je použita metoda eye-tracking testování a hodnocení salience při interaktivní práci s komponentami (Otevřelová, 2014).

Třetí prací s obdobným zaměřením vzniklou v roce 2014 je diplomová práce Bc. Jany Zieglerové Vyhodnocení eye-tracking testování vizuálních programovacích jazyků. Práce je zaměřena na stejné čtyři komponenty jako u práce Otevřelové, použité metody jsou ovšem jiné. Zaměřena je na hodnocení podle principů fyzických notací a eye-tracking testováním (Zieglerová, 2014). Strukturou použitých metod je tedy blízká této práci.

Poslední dosud vzniklou prací využívající principy fyzické notace je bakalářská práce Filipa Hrice Hodnocení QGIS Processing Modeler podle principů fyzické notace z roku 2015. Hric se v této práci zabývá hodnocením VPL komponenty Processing Modeler a provedením eye-tracking testování (Hric, 2015).

V roce 2016 se metodou eye-tracking a zpracováním dat získaných z testování zabývá ve své vznikající diplomové práci Vyhodnocení kognice při vizuálním programování z eye tracking dat Bc. Terezie Vančurová.

3.3 GRASS GIS

GRASS GIS je svobodný a open source geografický informační systém v neustálém vývoji od roku 1982. Slovo GRASS je akronymem z anglického Geographic Resources Analysis Support System. Do verze 5.0 a roku 1995 byl systém vyvíjen v laboratoři USA-CERL armády Spojených států amerických ve státě Illinois. Poté byl vývoj a správa systému předán akademikům z Baylorské univerzity a od roku 2006 je GRASS GIS spravován neziskovou organizací Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) se sídlem v USA a v České republice reprezentovanou zejména laboratoří OSGeoREL na Českém vysokém učení technickém v Praze. GRASS GIS je v současnosti projektem mezinárodního týmu vědců a vývojářů, jehož seznam je dostupný na adrese <http://grasswiki.osgeo.org/wiki/Team>.

Aktuální verzi systému je verze 7.0.3 vydaná 28. ledna 2016. Systém je od roku 1999 distribuován pod licencí GNU GPL.

3.3.1 Komponenta Graphical Modeler

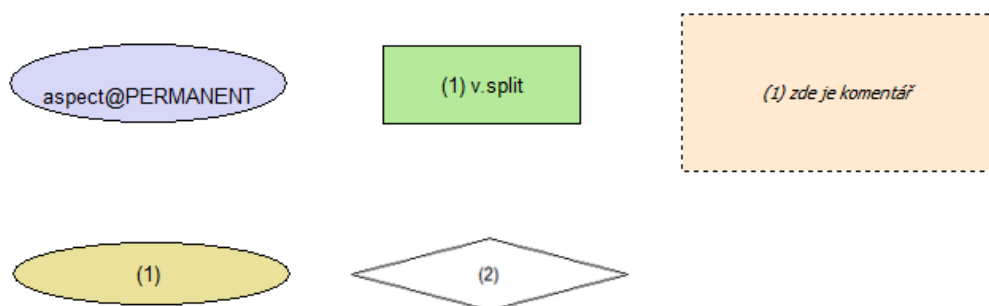
Graphical Modeler je wxGUI komponenta GRASS GIS pro vizuální programování (viz podkapitulu 3.1). Byla vytvořena Ing. Martinem Landou, Ph.D. jako vedlejší produkt jeho disertační práce Vektorová architektura systému GRASS GIS na ČVUT (Landa, 2013). Autor ji zde popisuje obecným pojmenováním v českém jazyce *grafický modeler*. Další pojmenování této komponenty v českém jazyce je název *grafické modelování*, který je použitý přímo v české lokalizaci programu GRASS GIS. V této práci je pro přesnost upřednostněn název v anglickém jazyce. Graphical Modeler byl poprvé dostupný ve verzi GRASS GIS 6.4.2 v roce 2012 a v následujících verzích byl doplněn o některé funkce. Autor je členem týmu GRASS GIS projektu a vývoji komponenty se věnuje ve svém volném čase. Zde je nutné poznamenat, že Graphical Modeler může obsahovat funkční a jiné nedostatky ve srovnání s jinými, komerčními, produkty. Prochází neustálým vývojem a zdokonalováním v nových verzích. V tomto směru může tato bakalářská práce posloužit jako podklad pro návrh další grafické notace tak, aby komponenta odpovídala kognitivní efektivitě.

Graphical Modeler je v programu GRASS GIS spustitelný ikonou z nástrojové lišty v okně správce vrstev nebo ze záložky *Soubor*. Také je dostupný jako samostatný modul *g.gui.gmodeler*. Model je možné uložit do souboru ve formátu GRASS Model File (GXM), exportovat do obrazového souboru, nebo do skriptu v jazyce Python (Landa, 2013).

Funkcionalitu a ovládání komponenty je možné nastudovat ve video tutoriálech autora komponenty dostupných na http://grasswiki.osgeo.org/wiki/WxGUI_Graphical_Modeler#Video_tutorials (Landa, 2016) nebo v manuálu v anglickém jazyce, který byl publikován 12. 3. 2016 na <http://grass.osgeo.org/grass70/manuals/wxGUI.gmodeler.html> (Landa, Furkevičová, 2016).

3.4 Grafická notace Graphical Modeler

Grafická notace se skládá z pěti prvků (obr. 3.2) a spojovacích linií. Prvním prvkem jsou vstupní i výstupní data, dále příkaz, cyklus, podmínka a komentář. Prvky jsou reprezentovány symboly s jednoduchou geometrií a odlišnou barvou. Symbol pro každý typ prvku je odlišný a hlavním rozdílem je tvar. Datový prvek je reprezentovaný elipsou, příkaz obdélníkem, podmínka kosočtvercem, komentář obdélníkem s přerušovaným ohraničením a cyklus obdélníkem se zaoblenými rohy. Symbol pro cyklus se ovšem ve výchozí velikosti jeví také jako elipsa.

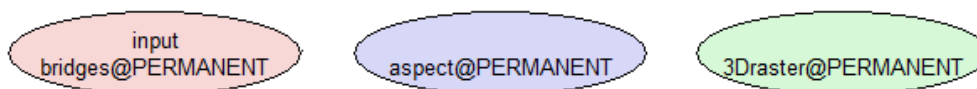


Obr. 3.2 Prvky Graphical Modeler. Zleva datový prvek, příkaz, komentář, cyklus, podmínka.

Nastavenou výchozí barvu a výchozí velikost symbolů může uživatel nadefinovat v nastavení Graphical Modeler. Velikost jednotlivých prvků již vložených do modelu lze také dále upravovat. Tvar symbolů je neměnný. V každém prvku je dále vložený popisek, který se skládá ze jména prvku a v případě příkazů, cyklů, podmínek a komentářů také číslování.

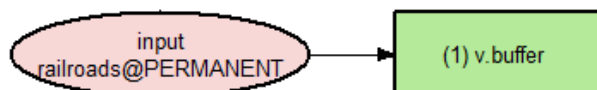
Číslování prvků kromě vstupních a výstupních dat je v porovnání s jinými GIS VPL komponentami jedinečné. V celém modelu je pouze jedna číselná řada, která uděluje pořadí všem dotčeným prvkům dohromady. V případě odstranění jednoho číslovaného prvku není toto číslo nahrazeno, pokud se nejedná o číslo momentálně poslední udělené v řadě. Může tak nastat situace, že řada není úplná. Číslování má vliv na pořadí, v němž jsou provedeny příkazy. Spravování pořadí příkazů je možné provádět v seznamu prvků v záložce *Prvky*. Při změně pořadí tímto způsobem dojde i k aktualizaci číslování, které následně odpovídá novému uspořádání.

Mimo používání různých symbolů pro různé prvky používá grafická notace i další proměnné v rámci samotných typů prvků. Symbol pro vstupní a výstupní **data** používá různou barvu výplně k vyjádření datového typu (obr. 3.3). GRASS GIS v tomto případě rozlišuje mezi daty vektorovými, rastrovými a 3D rastrem. Výchozí barvy symbolů jsou ve stejném pořadí růžová, modrá a zelená.



Obr. 3.3 Datové prvky s různými barvami výplně.

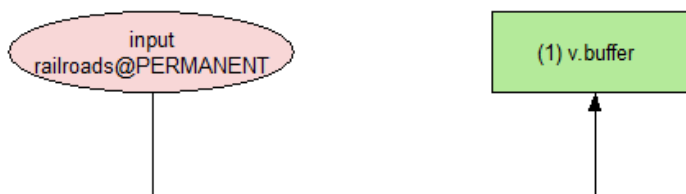
Důležitou funkcí v případě, že jeden či více použitých příkazů v modelu vyžadují zadání parametru, je možnost **parametrizace** modelu. Uživatel pak zadává vyžádané parametry v dialogovém okně až po spuštění modelu. Díky parametrizaci se model stává všeobecně použitelným v dalších procesech, které se od sebe odlišují hodnotami parametrů. Tím nabývá na univerzálnosti použití jednoho modelu pro různá data. Parametrizace modelu se graficky v diagramu projevuje širším černým ohraničením prvků, a to jak u dat, tak i u příkazů (obr. 3.4).



Obr. 3.4 Parametrický model

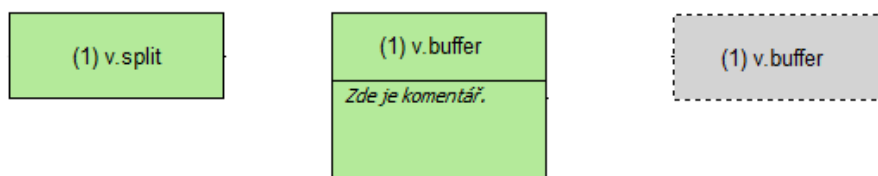
Nedílnou součástí grafické notace jsou i **spojovací linie** mezi prvky. Jejich význam spočívá v určování vztahů mezi prvky a pořadí, ve kterém je proces následně prováděn. Podoba všech spojovacích linií v Graphical Modeler je stejná. Jedná se o 1 pixel široké plné čáry černé barvy zakončené na jedné straně šipkou. Spojovací linie spojují středy prvků a vedou mezi nimi přímo. V případě prvku cyklus jsou do dvou výchozích spojovacích linií vloženy vřícovací body a linie jsou v nich zalomeny v pravém úhlu. Průběh jakékoliv spojovací linie je možné upravovat pomocí vložení vřícovacího bodu. Linií je následně možné v bodě libovolně zalomit (obr. 3.5). Počet vřícovacích bodů

na jedné linii není omezen a body je možné opět odstranit. Při pohybu liniemi se může objevit nedostatek Graphical Modeler, a to sice, že původní průběh linie zanechá „stopu“. Vyčištění diagramu od těchto stop provádí funkce redraw model canvas. Použití pojmu vřícovací bod v této práci vychází z české mutace komponenty Graphical Modeler, kde je toto označení také použito. Tato terminologie ovšem může být matoucí vzhledem k jinému významu ve fotogrammetrii. Vhodnějším pojmem lépe vystihujícím funkci bodu může být např. lomový bod.



Obr. 3.5 Zalomená spojovací linie se dvěma vřícovacími body.

Komentáře lze do modelu vložit jako samostatné prvky nebo také vepsat do prvků příkazů. V tom případě je prvek příkazu částečně odlišný od příkazu bez komentáře. Pod standardním popisem prvku se nachází čára, pod kterou je kurzívou samotný komentář (obr. 3.6). Ten není číslovaný jako v případě samostatného prvku komentáře. Do jiných prvků komentáře tímto způsobem vkládat nelze. V Graphical Modeler dřívější verze programu 6.4.3 není možnost vložení komentáře podporována. Další možností, která ovlivňuje symbol příkazu je jeho zakázání. Zakázáním není příkaz po spuštění modelu proveden. Zakázaný příkaz má nastavenou výchozí šedou barvu výplně a přerušované ohraničení (obr. 3.6).



Obr. 3.6 Různé podoby příkazu. Bez komentáře, s komentářem a zakázaný příkaz.

GRASS GIS Graphical Modeler oproti jiným porovnatelným GIS VPL komponentám nemá funkci automatického zarovnání diagramu. Zarovnání prvků provádí sám uživatel posouváním myši, a to u každého prvku zvlášť.

4 HODNOCENÍ PODLE PRINCIPŮ FYZICKÉ NOTACE

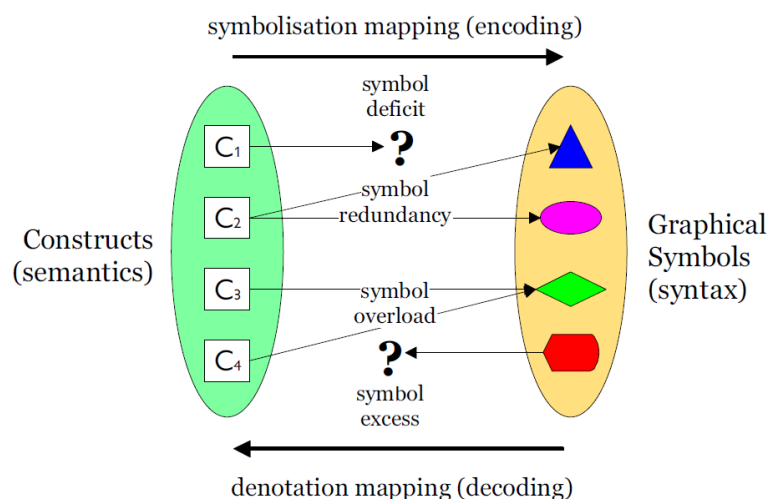
Aplikováním devíti principů fyzické notace pro kognitivně efektivní vizuální notace navržených Danielem Moodym (Moody, 2009) je v této části práce teoreticky zhodnocen GRASS GIS Graphical Modeler, jsou popsány rozpory grafické notace s těmito principy a navrženy změny v grafické notaci, které by tyto rozpory odstranily.

4.1 Principle of Semiotic Clarity

Princip sémiotické čistoty je základním principem pro splnění požadavků k vytvoření kognitivně efektivní notace. Vychází přímo z Goodmanovy teorie symbolů (Goodman, 1968), podle které musí být dodržena shoda jedna ku jedné mezi použitým grafickým symbolem a sémantickým prvkem. Tímto vzniká rozdíl mezi přirozenými jazyky, ve kterých se objevují různá synonyma a homonyma a umělými znakovými systémy, které umožňují shodu dodržet a tím maximalizovat přesnost, expresivitu a šetrnost, které jsou hlavní cíle při návrhu notace v softwarovém inženýrství. Tento princip rozšiřuje ontologickou analýzu na úroveň vizuální syntaxe, ačkoliv teoretické základy má spíše v sémiotice než v ontologii (Moody, 2009).

Pokud není shoda dodržena, může dojít k některé ze čtyř následujících chyb (obr. 4.1):

- **Symbol redundancy** (nadbytečnost symbolu) vzniká v případě, když jeden sémantický prvek může být vyjádřen několika grafickými symboly syntaxe.
- **Symbol overload** (přetížení symbolu) vzniká v případě, když více sémantických prvků je vyjádřeno jedním grafickým symbolem syntaxe.
- **Symbol excess** (přebytečnost symbolu) vzniká v případě, když grafickému symbolu syntaxe neodpovídá žádný sémantický prvek.
- **Symbol deficit** (chybějící symbol) vzniká v případě, když sémantickému prvku neodpovídá žádný grafický symbol syntaxe.



Obr. 4.1 Principle of Semiotic Clarity (Moody, 2010).

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Semiotic Clarity

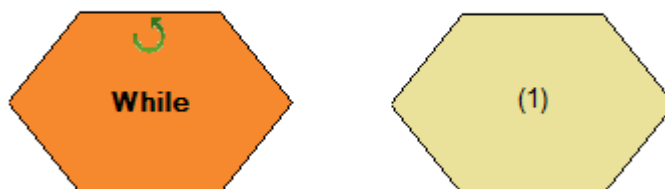
Grafická notace Graphical Modeler využívá pět základních prvků, které mezi sebou částečně splňují princip sémiotické čistoty. Nejvýraznější chybou, která se zde vyskytuje, je přetížení symbolu ve tvaru elipsy. Přetížení symbolu je nejzávažnější chybou, jelikož může vést ke špatné interpretaci a nejasnosti (Moody, 2009).

Symbol ve tvaru elipsy je přiřazen dvěma prvkům. Prvním je datový prvek znázorňující vstupní a výstupní data v modelu. Předností grafické notace je barevné rozlišení výplně pro různé datové typy. Nejsou však již rozlišena data podle jejich prostorové reprezentace v případě vektorových dat (bodů, linií, polygonů). Toto souvisí s datovým modelem samotného GRASS GIS, jehož vektorové vrstvy, tzv. mapy, umožňují zápis kombinací prostorových reprezentací. Druhým prvkem, který používá podobný symbol elipsy, je prvek cyklu. Podobnost symbolu ovšem nastává pouze v případě výchozího nastavení velikosti, které může uživatel změnit v nastavení komponenty. Při změně velikosti je zřejmé, že symbol cyklu má tvar odlišný od elipsy, a to sice obdélník se zaoblenými stranami. Tvar je tedy odlišný a k přetížení nenastává až po zásahu uživatele. Rozdíl mezi symbolem cyklu a datových prvků dále zajišťuje rozdílná barva výplně.

Navrhovaným řešením je změna výchozí velikosti symbolu cyklu, která by zajistila rozdílný tvar oproti datovým prvkům. V návrhu byla použita změna šířky symbolu z výchozích 175 px na 300 px (obr. 4.2). Variantním řešením je úplná změna tvaru symbolu tak, aby ani při změně velikosti neevokoval jiné symboly. V grafické notaci ArcGIS komponenty ModelBuilder je pro podobný prvek iterátoru použit symbol šestiúhelníku. Tento symbol je tvarem podobný symbolu cyklu používaném ve vývojových diagramech. Použití šestiúhelníku pro cyklus i v grafické notaci Graphical Modeler by odpovídalo principu sémiotické čistoty a notace by se stala obecně srozumitelnější pro uživatele, kteří mají zkušenosti s vývojovými diagramech (obr. 4.3).



Obr. 4.2 Symbol pro cyklus výchozí (vlevo) a návrh (vpravo).



Obr. 4.3 Symbol iterátoru v ModelBuilder (vlevo) a návrh symbolu cyklu (vpravo).

Další chybou v grafické notaci je nadbytečnost symbolu komentáře. Komentář lze v Graphical Modeler zapsat dvojím způsobem (viz kapitolu 3.4). Tento dvojitý způsob ovšem plní z uživatelského hlediska vhodný účel a nejedná se o závažnou chybu. Návrhem řešení je ponechat současnou podobu vkládání komentářů. V případě

doslovného postupu podle principu sémiotické čistoty je vhodné odstranit možnost vkládání komentáře do prvku příkazu a ponechat komentář pouze jako samostatný prvek.

4.2 Principle of Perceptual Discriminability

Fyzická rozlišitelnost je přesnost, s jakou mohou být symboly vzájemně rozlišeny. Váže se k první fázi lidského vnímání obrazové informace. Přesná rozlišitelnost mezi symboly je základním předpokladem k efektivní notaci. Rozlišitelnost je stanovena pomocí několika faktorů.

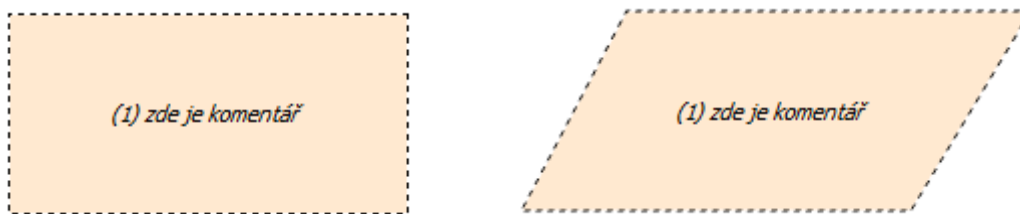
Základním faktorem je vizuální vzdálenost mezi grafickými symboly. Ta je určena počtem vizuálních proměnných použitých v symbolech. Každá vizuální proměnná má nekonečný počet možných podob, ale lidským vnímáním může být rozlišen pouze jejich konečný počet. Příkladem může být tvar nebo barva výplně. Dalším určujícím prvkem vizuální vzdálenosti je velikost rozdílu podoby symbolů. Platí, že čím je vizuální vzdálenost větší, tím jsou symboly více fyzicky rozlišitelné, což je podmínkou kognitivně efektivní notace. Vizuální vzdálenost může být zvýšena pomocí redundant coding (nadměrného kódování), tedy použití více vizuálních proměnných pro odlišení sémantických prvků. U nadměrného kódování platí, že použití více proměnných není nezbytné k fyzické rozlišitelnosti. Použití každé proměnné samostatně by bylo dostatečné, ale kombinace více proměnných se používá k multiplikaci vzdálenosti.

Ze všech vizuálních proměnných je nejdůležitější tvar, který reprezentuje primární způsob, jakým člověk přirozeně rozeznává objekty. Tvar má také ze všech vizuálních proměnných největší kapacitu, tedy nejvíce hodnot, kterých může reálně nabývat. Proto by měl být tvar symbolu používán jako hlavní vizuální proměnná pro rozlišování mezi prvky.

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Perceptual Discriminability

Hlavní vizuální proměnnou, kterou Graphical Modeler ve své grafické notaci používá je tvar. Prvky jsou dále rozlišeny barvou, což odpovídá doporučenému nadměrnému kódování. Ve specifických případech je k rozlišení použito podoby ohraničení symbolu, tato vizuální proměnná není příliš efektivní. U prvků komentáře a zakázaného příkazu se jedná o nadměrnou vizuální proměnnou, proto její použití není chybné. Avšak podoba ohraničení je jediným způsobem rozlišení mezi prvky bez parametrizace a s parametrizací. V tomto případě je vhodné nahradit ohraničení symbolu jinou vizuální proměnnou, tím může být barva výplně, tvar nebo přidání ikony. Fyzickou rozlišitelnost prvků lze hodnotit jako vyhovující.

Při vzájemném porovnání grafických symbolů je podobnost u symbolů pro datový prvek a cyklus, které používají ve výchozím nastavení shodný tvar (viz kapitolu 4.2) a dále stejný tvar obdélníku používají symboly pro příkaz a komentář. Tyto používají k rozlišení další vizuální proměnné: barvu, řez písma a čáru ohraničení symbolu. Jak ovšem vyplývá z principu fyzické rozlišitelnosti, tvar je hlavní proměnnou. Navrhovaným zlepšením je změna tvaru symbolu pro prvek komentáře, např. na tvar kosodélníku (obr. 4.4).



Obr. 4.4 Symbol pro komentář původní a návrh

4.3 Principle of Semantic Transparency

Podle tohoto principu je hodnoceno, do jaké míry lze odvodit význam symbolu podle jeho vzhledu. Symbol může poskytovat různé indicie vedoucí k pochopení významu bez znalosti grafické notace. Koncept sémantické jednoznačnosti má za cíl vytvořit intuitivní a přirozenou grafickou notaci. Nevztahuje se jen na vzhled jednotlivých symbolů, ale i na vazby a vztahy mezi nimi. Tento princip nedefinuje pouze správnou a chybnou notaci, ale vytváří několik stavů, které mohou nastat:

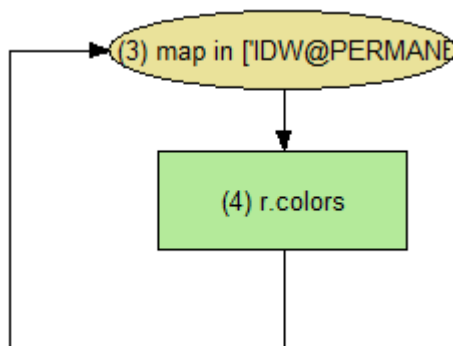
- Symbol je sémanticky bezprostřední, pokud nezkušený uživatel je schopný ihned a bezchybně určit jeho význam. Tento stav je nejvhodnější pro kognitivně efektivní notace.
- Symbol je sémanticky průsvitný, pokud jeho vzhled poskytuje některé indicie k určení jeho významu, nicméně nezkušený uživatel nedokáže význam určit bezprostředně bez předchozího vysvětlení.
- Symbol je sémanticky nejasný, pokud je vztah mezi vzhledem symbolu a jeho významem čistě náhodný. Nezkušený uživatel není schopný určit jednoznačně, co symbol reprezentuje.
- Symbol je sémanticky nesprávný, pokud vzhled symbolu navádí nezkušeného uživatele k nesprávné nebo opačné interpretaci. Tento stav je zcela nevhodný.

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Semantic Transparency

Jednoduché geometrické symboly použité v Graphical Modeler neobsahují žádné pomocné prvky použitelné k intuitivnímu pochopení jejich významu. Z pohledu principu sémantické jednoznačnosti se tedy jedná o sémanticky nejasné symboly. V některých případech lze symboly charakterizovat jako sémanticky průsvitné, pokud jsou použity v kompletním diagramu a jsou zřejmé vztahy mezi prvky.

Nejlépe sémanticky srozumitelný je symbol použitý pro komentář jako samostatný prvek. Komentář je charakteristický tím, že mezi ním a dalšími prvky nejsou umožněny žádné vztahy ve formě spojných linií. Dále je odlišná čára ohraničení symbolu a popisek je provedený kurzívou. Uživatel může z podoby a vztahů snadno pochopit, že se jedná o prvek doplňující diagram a neovlivňuje funkci modelu. Nevýhodou komentáře je použité číslování v popisku, které může uživatele vést k tomu, že význam symbolu přiřadí k jiným prvkům, které toto číslování používají, např. příkazy. Druhým sémanticky průhledným symbolem je specifický symbol pro zakázaný příkaz. Od symbolu příkazu se odlišuje šedou barvou výplně a přerušovanou čarou ohraničení symbolu. Pochopení významu zakázaného příkazu z jeho vzhledu umocňuje jeho použití v diagramu s nezakázanými příkazy, kde si uživatel může porovnat vzhledy obou prvků. Posledním symbolem s lepší sémantickou jednoznačností je symbol cyklu použitý

v kompletním diagramu. Samotný symbol příliš prostoru k intuitivnímu výkladu jeho významu nedává, ale při kombinaci s prvky příkazů v cyklu použitých je jejich vztah vyjádřen dvěma a více spojnými liniemi, které znázorňují svým vedením uzavřený cyklus (obr. 4.5).



Obr. 4.5 Cyklus ve spojení s příkazem.

Vyjádření vztahů v diagramu je provedeno spojnými liniemi se šipkami. Tento způsob lze považovat za sémanticky bezprostřední. Bezprostřednost může být narušena nevhodným uspořádáním diagramu.

Jednoznačné zlepšení sémantické jednoznačnosti by přinesla změna tvarů symbolů, které by byly více odpovídající jejich významu. Takový úkol ovšem není jednoduchý vzhledem k abstraktním významům prvků, kterým nelze přiřadit reprezentativní tvar. Aby symboly byly sémanticky bezprostřední, musel by jejich vzhled evokovat jejich význam u jakéhokoliv nezkušeného uživatele. Potenciální zlepšení sémantické jednoznačnosti lze docílit přidáním ikon do symbolů.

4.4 Principle of Complexity Management

Velmi důležitým principem při návrhu grafické notace je princip řízení složitosti. Složitost má zásadní vliv na efektivitu diagramu a jeho schopnost předávat informace uživateli bez přetěžování lidské mysli. Měří se počtem prvků použitých v diagramu. Ačkoliv se složitost může zdát jako problém týkající se v první řadě návrhu diagramu, tak k jeho řešení je potřeba nejdříve zvážit změnu grafické notace.

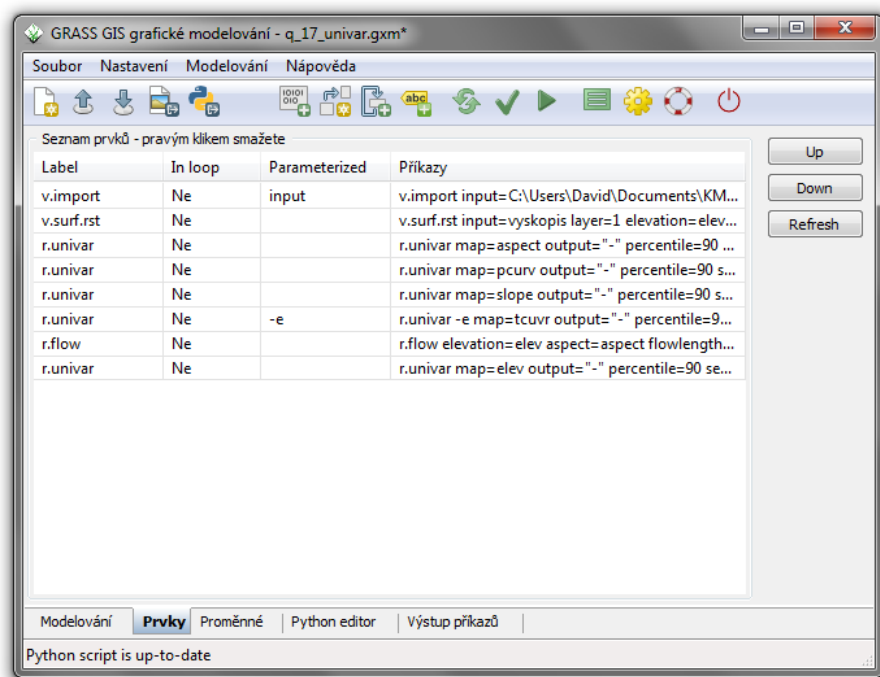
Množství informace, které může být efektivně předáno diagramem, je omezeno možnostmi lidské percepce a kognice. Schopnost rozlišovat mezi prvky diagramu klesá s větším množstvím použitých prvků a zároveň více prvků v diagramu více zatěžuje pracovní paměť uživatele a snižuje schopnost porozumění diagramu, až dojde k přetížení pracovní paměti. Efektivně vyřešené řízení složitosti je obzvláště důležité pro začínající uživatele, kteří se hůře orientují v diagramu a nadměrná složitost je pro ně překážkou k pochopení. Aby mohly být složité diagramy vyjádřeny efektivně, musí grafická notace obsahovat mechanismy pro modularizaci a hierarchickou strukturalizaci. Modularizací se nazývá rozdělení velkých systémů na menší části nebo do subsystémů. Hierarchická strukturalizace umožňuje systémům reprezentaci na různých úrovních detailu s možností řízení složitosti na každé úrovni. Tím podporuje chápání diagramu od nejvyšší úrovně pod nejnižší, což zlepšuje celkové chápání diagramu. Oba mechanismy je možné spojit do principu rekurzivní dekompozice. Aplikací dekompozice jsou interaktivní „rozbalovací“ prvky na vyšší úrovni, které po

iniciaci uživatelem zobrazí pokračování diagramu na nižší úrovni. VPL využívající rekurzivní dekompozici se nazývají hierarchické (Moody, 2009).

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Complexity Management

Složitost v Graphical Modeler může být různá a primárně závisí na počtu prvků, který se různí. Vzhledem k charakteru GIS operací a určení komponenty, nelze v jednom diagramu předpokládat více jak desítky prvků. Řízení složitosti není v grafické notaci Graphical Modeler vyřešeno žádným mechanismem modularizace nebo hierarchické strukturalizace.

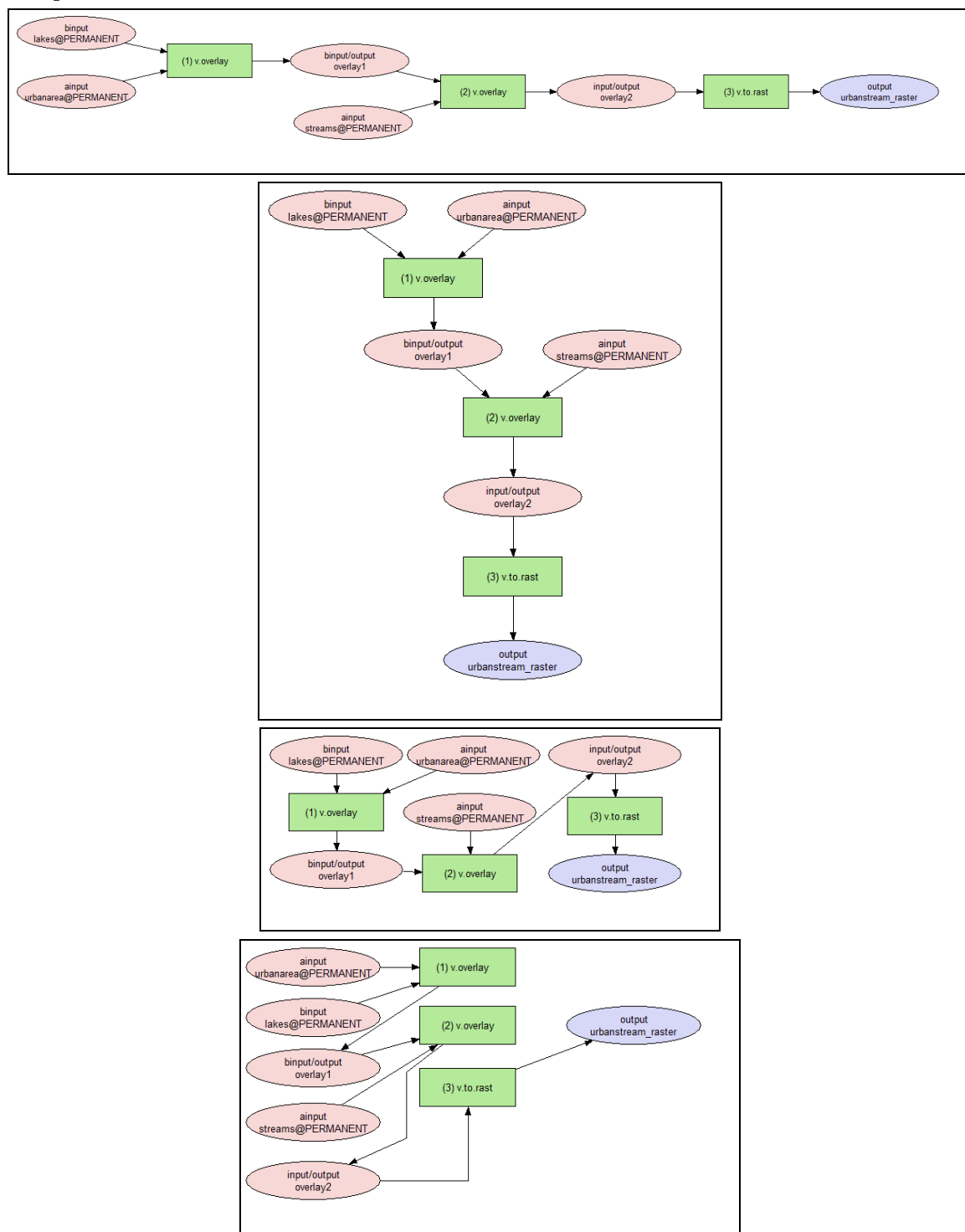
Základním nástrojem řízení složitosti v Graphical Modeler je číslování. To se týká všech prvků mimo datové prvky. Číslování je důležité pro vyjádření pořadí, ve kterém jsou příkazy při spuštění modelu provedeny. Pořadí prvků je v rámci komponenty možné sledovat i v záložce prvky, kde je vyjádřeno seznamem prvků (obr. 4.6). Číslování prvků slouží také pro čtení a orientaci v diagramu. Příkaz s číslem na začátku řady značí také začátek diagramu, nejvyšší číslo poté logicky bude nejbližší konci diagramu. Nedostatkem číslování je použití jedné číselné řady i pro komentáře, které řadu příkazů narušují. Umístění komentáře je prakticky náhodné a číslo komentáře je matoucí při orientaci v diagramu. Zlepšení lze dosáhnout použitím jiné číselné řady pro komentáře, případně zcela jiným způsobem jejich označování.



Obr. 4.6 Seznam prvků v Graphical Modeler

Mimo grafickou notaci stojí uspořádání diagramu. Ačkoliv se jej princip řízení složitosti přímo nedotýká, jedná se o zásadní vlastnost tvorby diagramů v Graphical Modeler, která má vliv na složitost. Uspořádání diagramu není v Graphical Modeler podporováno automatickým zarovnáním, a je tak zcela závislé na uživateli. Nevhodným uspořádáním je negativně ovlivněna kognitivní efektivita celého diagramu. Funkci automatického zarovnání diagramu obsahuje např. VPL komponenta ArcGIS ModelBuilder, kde je uspořádání řešeno do horizontální nebo vertikální podoby, což může být zdrojem preferencí zarovnání u řady uživatelů. Z autorových zkušeností je

ovšem volba uspořádání diagramu u uživatelů často ovlivněna podobou a velikostí pracovní plochy uživatelského rozhraní komponenty. V takovém případě probíhá uspořádání způsobem co největší efektivity zaplnění prostoru plochy a bez ohledu na pořadí prvků. Dále byla k účelům testování navržena čtvrtá možná podoba uspořádání, a to do prostorových skupin podle prvků. Skupiny v podobě sloupců obsahují vstupní datové prvky, příkazy a výstupní datový prvek. Různé podoby uspořádání jsou zobrazeny v obr. 4.7. Problematika nalezení efektivního uspořádání je dále rozvinuta v kapitole 5.4.3.



Obr. 4.7 Uspořádání diagramů (první nahoře): horizontálně, vertikálně, prostorově efektivně a do skupin podle prvků.

Vhodnou aplikací řízení složitosti je princip rekurzivní dekompozice. Použití tohoto mechanismu se v Graphical Modeler nabízí u prvku cyklu, kde jsou na něj v další úrovni navázány prvky příkazů, které se v cyklu nacházejí. Dále v prvku parametrického příkazu může být dekompozicí vyjádřen seznam parametrů zadávaných po spuštění modelu. Řešení dekompozice je možné interaktivní, nebo grafické.

4.5 Principle of Cognitive Integration

Tento princip se používá, když je pomocí více diagramů reprezentován ucelený systém diagramů. Používá se jak u systémů diagramů stejného typu (homogenní integrace), tak systémů diagramů rozdílného typu (heterogenní integrace). Tento princip úzce souvisí s principem řízení složitosti, kde jsou systémy několika diagramů výsledkem modularizace. Použití více diagramů klade na uživatele další požadavky, aby dokázal zpracovat informace z několika diagramů najednou (koncepční integrace) a zároveň se v nich dobře orientoval (percepční integrace). V rámci orientace v diagramu musí být uživatel schopný si odpovědět na následující otázky:

- Otázka orientace: „Kde jsem?“
- Otázka výběru cesty: „Kam mohu jít?“
- Otázka sledování cesty: „Jsem na správné cestě?“
- Otázka rozpoznání cíle: „Už jsem tam?“

Pomocí nástrojů jako číslování úrovní, přehledového diagramu nebo kontextualizace lze orientaci v systémech diagramů usnadnit. Princip kognitivní integrace hodnotí právě použití těchto pomocných prvků.

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Cognitive Integration

Graphical Modeler neslouží k vytváření systémů diagramů, ale pouze jednotlivých diagramů. Neobsahuje ani žádné nástroje, které se používají k usnadnění orientace v systémech diagramů nebo v samostatných diagramech. Z tohoto hlediska se jako vhodné nabízí použití přehledového diagramu u diagramů s velkým počtem prvků.

4.6 Principle of Visual Expressiveness

Vizuální expresivita je počet vizuálních proměnných použitých v notaci. Tímto se měří využití možností grafiky. Na rozdíl od vizuální vzdálenosti použité v principu fyzické rozdílnosti se zde nehodnotí pouze dva symboly mezi sebou, ale kompletní grafická notace.

Vizuální proměnné se dělí do dvou skupin. Proměnné nesoucí informaci a volné proměnné neobsahující informaci. Počet volných proměnných je nazýván stupněm vizuální svobody a má opačný význam než vizuální expresivita. Vizuální expresivita je hodnocena pomocí stupnice s rozsahem 0–8, přičemž notace hodnocená 0 stupni se nazývá nevizuální (textová) a využívá pouze volné proměnné. Naopak notace hodnocená 8 stupni se nazývá vizuálně nasycená a využívá pouze proměnné nesoucí informaci. Notace využívající pouze jednu proměnnou nesoucí informaci se nazývají vizuálně jednorozměrné. Takové notace jsou v softwarovém inženýrství velmi časté. Nejvíce jich

používá jako proměnnou tvar (Moody, 2009), který je ovšem slabou a kognitivně neefektivní proměnnou. Nejsilnější vizuální proměnnou je barva.

Různé vizuální proměnné mají různé vlastnosti vhodné k zakódování různých typů informací, proto by jejich volba neměla být náhodná. Podstatnou vlastností je jejich kapacita, tedy počet postřehnutelných kroků pro lidské vnímání (tab. 4.1).

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Visual Expressiveness

Grafická notace Graphical Modeler využívá tři vizuální proměnné nesoucí informaci, barvu, tvar a linii ohraničení prvku. Z dalších možných proměnných, které mají schopnost zakódování nominálních dat, není využita textura ani orientace. Grafická notace není zcela vizuálně nasycená.

Ke zvýšení vizuální expresivity je možné provést několik změn. Využití textury s kapacitou o velikosti 2–5 postřehnutelných kroků se nabízí pro odlišení prvků bez parametrizace a s parametrizací, kde proměnná nabývá pouze těchto dvou hodnot. Textura by doplnila vizuálně neefektivní šířku čáry ohraničení.

Tab. 4.1 Vizuální proměnné podle Moodyho (2009).

Vizuální 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	neomezená
Orientace	nominální data	4

4.7 Principle of Dual Coding

Teorie duálního kódování se zaměřuje na využití textu společně s grafickými symboly. To se může zdát v rozporu s pravidly percepční rozlišitelnosti a vizuální expresivity, které nedoporučují text k nesení informace. Nicméně tyto principy nevyjadřují, že text je v notaci zcela nechtěným prvkem. Text může sloužit jako doplněk ke grafické notaci, jeho využití je nejvíce efektivní společně se symboly, nikoliv mimo ně. Symboly sestávající z grafické části a textu se nazývají hybridní symboly. Text by nikdy neměl sloužit jako jediný způsob pro rozlišení mezi symboly, k tomu slouží vizuální proměnné. Prvním důvodem k využití textu může být princip nadměrného kódování, tedy posílení významu symbolu. Dalším důvodem jsou lidé s rozdílnými schopnostmi zpracování informace v grafické a textové podobě. Přidáním textu do symbolu je pravděpodobné, že se zkvalitní jeho percepční vlastnosti.

Duální kódování neovlivňuje percepční rozlišitelnost, protože text nezvyšuje vizuální vzdálenost.

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Dual Coding

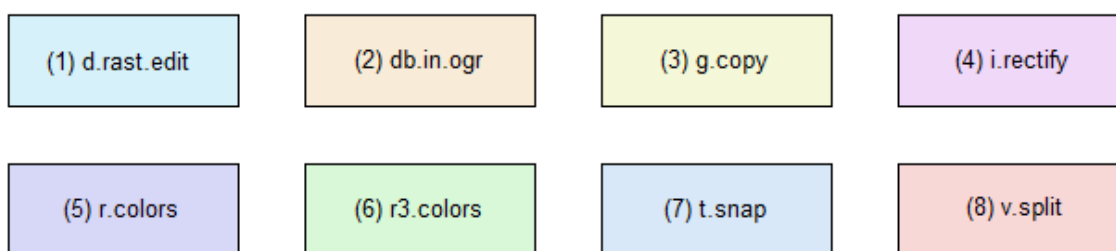
Použití textu v symbolech Graphical Modeler je možné rozdělit do tří kategorií, z nichž ani jedna nepoužívá text jako součást nadměrného kódování, tedy doplňkový způsob k posílení nesené informace. Textová část v symbolu je vždy jediným nositelem

své informace a tím porušuje princip duálního kódování. Možnosti doplnění textu o grafické vyjádření jsou ovšem značně omezené.

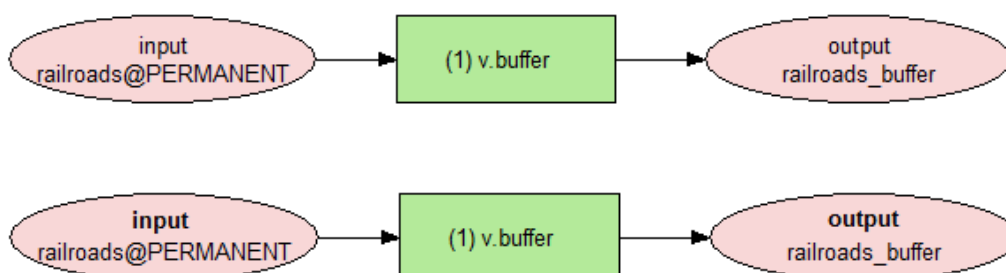
Prvním způsobem použití textu jsou komentáře. Komentáře jsou vytvářeny uživatelem a jsou unikátní, jejich náhrada grafickými symboly není možná. Komentáře jsou důležitou součástí funkcionality Graphical Modeler, výrazně napomáhají orientaci v diagramu a nelze je považovat za chybu proti principu duálního kódování. Druhým způsobem je popisek samotného prvku. Popisek se používá u všech prvků, v případě datového prvku značí jméno prvku, v případě prvku příkazu značí jméno příkazu (může být změněno uživatelem na libovolný jiný text), v případě cyklu značí jeho podmínku. Poslední kategorie využití textu v notaci je specifický případ datového prvku, který vstupuje, nebo vystupuje z příkazu. Do datového prvku jsou potom vepsány jména parametrů příkazů, ve kterých figuruje.

Nahrazení textu grafickými symboly by bylo v těchto případech neefektivní vzhledem k velkému počtu možných kombinací, které mohou nastat. Menší různorodost vykazují jména příkazů. Ty mají v GRASS GIS konzistentní syntaxi skládající se z předpony označující skupinu příkazů a zbytku jména označující účel. Právě skupiny příkazů je možné graficky odlišit, např. barvou výplně, nebo přidáním ikony (obr. 4.8). V návrhu se vychází z barevné stupnice, kterou používají symboly datových prvků, tedy růžová pro vektorová data, modrá pro rastrová data a zelená pro 3D rastr.

Dalším možným problémem spojeným s textem v notaci Graphical Modeler je jeho rozmístění v případě datového prvku. Protože zde text plní dvě funkce, tedy jméno prvku a názvy parametrů příkazů, do kterých vstupuje, tak by bylo vhodné tyto dvě části od sebe odlišit. V současné notaci jsou oba popisky prakticky zaměnitelné, odlišuje je od sebe pouze jejich pozice, kdy parametry jsou uvedeny v horním řádku a jméno prvku v dolním. Nabízí se odlišení změnou řezu písma, takové řešení již notace používá k odlišení jména příkazu a komentáře v prvku příkazu. Parametry v datovém prvku by tak mohly být uvedeny např. tučným písmem (obr. 4.9), jelikož kurzíva se v Graphical Modeler používá pro komentář.



Obr. 4.8 Návrh grafického rozlišení skupin příkazů za použití vizuální proměnné barvy výplně. Skupiny podle pořadí: display, databáze, správa map, obraz, rastr, 3D rastr, časový, vektor.



Obr. 4.9 Diagram, ve kterém datové prvky obsahují jména parametrů příkazu. Nahoře současný stav, dole návrh provedený tučným písmem.

4.8 Principle of Graphic Economy

Ekonomie grafiky hodnotí velikost vizuálního slovníku, tedy počet symbolů, které notace používá. Ten může být díky použití různých vizuálních proměnných a jejich kombinaci nekonečný, ale efektivní využití naráží na kognitivní možnosti lidského vnímání. Grafická složitost nejvíce ovlivňuje začátečníky, protože významem symbolů zatěžují svou pracovní paměť. Doporučovanou horní hranici grafické složitosti je použití šesti kategorií symbolů (Moody, 2009). Notace v softwarovém inženýrství mají tendenci svou složitost s postupem času navyšovat. Do notace jsou přidávány nové symboly, ale staré nejsou odstraňovány. Nadměrnou grafickou složitost lze vyřešit třemi hlavními způsoby:

- snížením sémantické složitosti,
- vynecháním symbolu,
- navýšením vizuální expresivity.

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Graphic Economy

Pět hlavních kategorií symbolů v grafické notaci Graphical Modeler odpovídá doporučenému limitu šesti kategorií symbolů. V praxi se při vytváření diagramu nejvíce používají prvky příkazu (obdélník) a datové prvky (elipsa), tedy dva hlavní symboly. Nejmenší využití má prvek podmínky (bílý kosočtverec). Grafická notace splňuje princip ekonomie grafiky a není nutné aplikovat způsoby na snížení složitosti.

4.9 Principle of Cognitive Fit

Teorie kognitivní vhodnosti je široce akceptovanou teorií v oboru informačních systémů. Podle této teorie jsou různé reprezentace informací vhodné pro různé úlohy a uživatele. Většina notací v softwarovém inženýrství používá vizuální monolingvismus, jednu vizuální reprezentaci pro všechny účely a všechny uživatele. Avšak tento přístup nijak nezohledňuje zkušenosti uživatelů a podle principu kognitivní vhodnosti je nesprávný. Důvodem pro vytvoření více vizuálních dialektů je rozdíl mezi zkušeným uživatelem a začátečníkem a dále rozdílné charakteristiky úkolů, které uživatel řeší. Notace určená pro začátečníky vyžaduje větší důraz na splnění všech principů fyzických notací než notace určená pokročilým uživatelům a odborníkům.

Při vytváření jediné grafické notace je důležité navrhnout takovou notaci, která bude optimalizovaná pro všechny své cílové uživatele.

Hodnocení Graphical Modeler podle Principle of Cognitive Fit

Komponenta Graphical Modeler je součástí produktu GRASS GIS, který je určen uživatelům se znalostmi v oboru geoinformatiky. Není předpokládáno, že by komponentu používal úplný začátečník, stejně tak řešené úlohy v Graphical Modeler jsou si svým charakterem podobné. Použití jednoho vizuálního dialektu je tedy vhodné.

5 HODNOCENÍ METODOU EYE-TRACKING

Eye-tracking je metoda sledování pohybu očí respondenta. Jedním z možných nástrojů pro eye-tracking je tzv. eye-tracker. Eye-tracker pomocí infračervených světél a kamery bezkontaktně snímá zornici v dané vzorkovací frekvenci a přenáší data do počítače. Při testování se nejčastěji umísťuje pod monitor, na kterém je zobrazen studovaný obraz, tzv. stimulus (Popelka, 2015).

Metoda má využití v celé řadě oborů lidských činností, může sloužit jako nástroj pro usnadnění ovládání elektronických přístrojů pomocí zraku, nebo jako výzkumná metoda reakcí člověka na podněty. Na katedře geoinformatiky UP v Olomouci je eye-trackingový výzkum používán od roku 2011, zpočátku pro kartografické aplikace, později i pro výzkum VPL komponent (Hric, 2015).

5.1 Příprava testování

Cílem vytvoření eye-tracking testování v této bakalářské práci bylo experimentální ověření závěrů vzešlých z hodnocení podle fyzických notací a možné objevení dalších nedostatků v grafické notaci Graphical Modeler pomocí respondentů, reálných uživatelů komponenty. Struktura testu byla rozdělena do dvou částí.

První část se skládá z 12 stimulů pro volné pozorování (free viewing). Respondent neplní žádné úkoly spojené se stimulem, neodpovídá na žádné otázky a nemá možnost ovládat pomocí klávesnice čas zobrazení stimulu. Každý stimulus byl zobrazen po dobu 5 sekund, tento čas byl vybrán po konzultaci s vedoucí práce. Aby byl potlačen efekt učení, byly stimuly při testování zobrazovány v náhodném pořadí.

Druhá část se skládá z 21 stimulů s otázkami. Respondentovi je před každým stimulem zobrazeno zadání otázky nebo úkolu, který respondent plní. Na otázku respondent odpovídá ve formuláři, úkol plní označením prvků přímo do stimulu levým tlačítkem myši. I zde bylo použito náhodné řazení s výjimkou stimulu q_03_buffer_vertical, který byl zařazen na pevnou první pozici. Tento stimul byl odhadnut jako jednoduchý a vhodný pro úvodní otázku.

Celkový počet 33 stimulů byl zvolen pro maximalizaci počtu různých testovaných diagramů a z nich získaných informací použitelných k hodnocení komponenty podle všech principů. Zároveň počet stimulů musel reflektovat časovou náročnost testování a klesající soustředěnost respondentů. Mez přípustné náročnosti experimentu je těžce definovatelná a její správné nastavení se ukáže až v průběhu testování. Časová náročnost testu byla navržena na max. 15 minut.

Pro účely eye-tracking testování byly vytvořeny příklady diagramů toků dat v Graphical Modeler nad daty z datasetu North Carolina distribuovaným s instalací GRASS GIS a exportovány do grafického formátu PNG. Tyto diagramy byly vytvořeny tak, aby reflektovaly použití různých kombinací různých prvků a vedly k odhalení možných chyb v notaci. Náročnost diagramů musela být zvolena s ohledem na náročnost testování. Počet použitých prvků tedy nepřesahuje 16 v případě největšího diagramu. Ve free viewing části testu jsou všechny diagramy jedinečné, v části s otázkami se některé diagramy opakují s obměněnými otázkami. Celkem tak bylo vytvořeno 19 jedinečných diagramů. Ty byly před samotným testováním dále konzultovány s vedoucí práce a námítky byly zapracovány. Struktura experimentu s otázkami a náhledy diagramů je zobrazena v tabulkách v Příloze 1 „Návrhy diagramů použitých při eye-tracking testování“ a v elektronické podobě na CD.

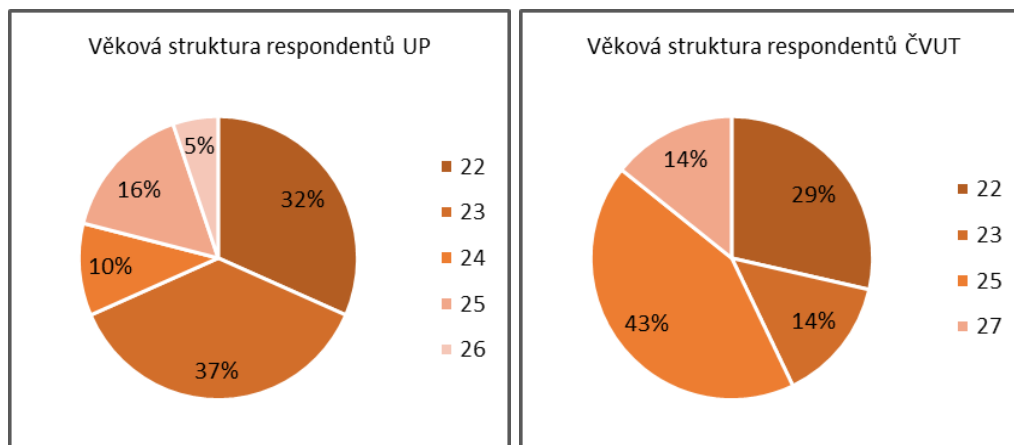
Tento experiment byl vytvořen v SMI Experiment Center po konzultaci s vedoucím eye-tracking laboratoře Mgr. Stanislavem Popelkou, Ph.D. za účelem testování v prostorách laboratoře katedry geoinformatiky a použití zdejšího hardwarového vybavení, zejména eye-trackeru SMI RED 250 se vzorkovací frekvencí 250 Hz. Diagramy byly upraveny na velikost rozlišení monitoru 1920×1200 pixelů přidáním bílého pozadí okolo diagramů.

Dále bylo vytvořeno variantní řešení experimentu v OGAMA pro provádění testování mimo prostory laboratoře na vlastním vybavení a se zapůjčeným přístrojem Eye Tribe ET1000 se vzorkovací frekvencí 60 Hz v majetku KGI. Experiment musel být v některých svých částech optimalizován na možnosti použitého programu. Nejvýraznější změnou je úprava otázek v druhé části experimentu. Program OGAMA neumožňuje záznam odpovědi na otázky do formulářů, proto byly všechny otázky tohoto typu upraveny na úkoly vyžadující označení prvku myši v diagramu. Tyto varianty otázek jsou také uvedeny v příloze. Při úpravě otázek bylo postupováno s co největší snahou se přiblížit charakteru původní otázky, aby případná správnost odpovědi byla porovnatelná. Dále byla upravena otázka u stimulu `q_09_buffersPatch`, jelikož její původní zadání šlo k dvěma možným správným odpovědím. Upravené znění otázky je více jednoznačné a vede pouze k jedné možné správné odpovědi. Části experimentu s otázkami bylo nastaveno náhodné řazení všech stimulů bez pevné pozice prvního jednoduchého diagramu. Diagramy byly připraveny na rozlišení 1600×900 pixelů. Možností využití programu OGAMA pro provádění a analýzu eye-tracking experimentů se věnoval ve své bakalářské práci na katedře geoinformatiky UP M. Kučera (2014).

5.2 Provedení testování

Provedená testování lze rozdělit do dvou skupin (obr. 5.1). První skupina testování v SMI Experiment Center byla provedena v eye-tracking laboratoři katedry geoinformatiky UP v Olomouci v dubnu 2016. Respondenty bylo celkem 19 dobrovolníků z řad studentů třetího ročníku bakalářského studia (Geoinformatika a geografie) a prvního ročníku navazujícího magisterského studia (Geoinformatika) na téže univerzitě ve věku 22–26 let, z toho 12 mužů a 7 žen (dále „skupina UP“). Tito studenti byli vybráni jako zkušení uživatelé GIS VPL komponent, nicméně bez zkušeností s konkrétní testovanou VPL komponentou Graphical Modeler. Bylo proto přistoupeno k sestavení tutorialu do Graphical Modeler a zaškolení studentů, které proběhlo v rámci předmětu Data mining v zimním semestru 2015. Menší část respondentů byla zaškolená individuálně podle stejného tutorialu. Tutorial obsahuje začátky práce s komponentou a tři praktické příklady tvorby modelů. Tento tutorial je v elektronické podobě na přiloženém CD v adresáři Přílohy. Všichni zvolení respondenti tedy měli srovnatelné zkušenosti s Graphical Modeler.

Druhá skupina testování v OGAMA byla provedena taktéž v dubnu 2016, a to na Katedře geomatiky Fakulty stavební ČVUT v Praze. Tato lokace byla zvolena s ohledem na akademické působiště autora Graphical Modeler Ing. Martina Landy, Ph.D., s jehož laskavou pomocí bylo testování zorganizováno. To bylo spojeno s prezentací výsledků bakalářské práce a technologie eye-tracking studentům, která proběhla před samotným testováním. Respondenty bylo 7 studentů ve věku 22–27 let předmětu Free software GIS pod vedením p. Landy, jehož obsahem je i výuka práce v Graphical Modeler. Jednalo se o studenty prvního a druhého ročníku navazujícího magisterského studia oboru Geomatika, z toho 6 mužů a 1 žena (dále „skupina ČVUT“). Studenti měli znalost testované komponenty z výuky, a to přibližně na stejné úrovni.



Obr. 5.1 Kruhové diagramy věkové struktury respondentů.

5.3 Statistická analýza testování

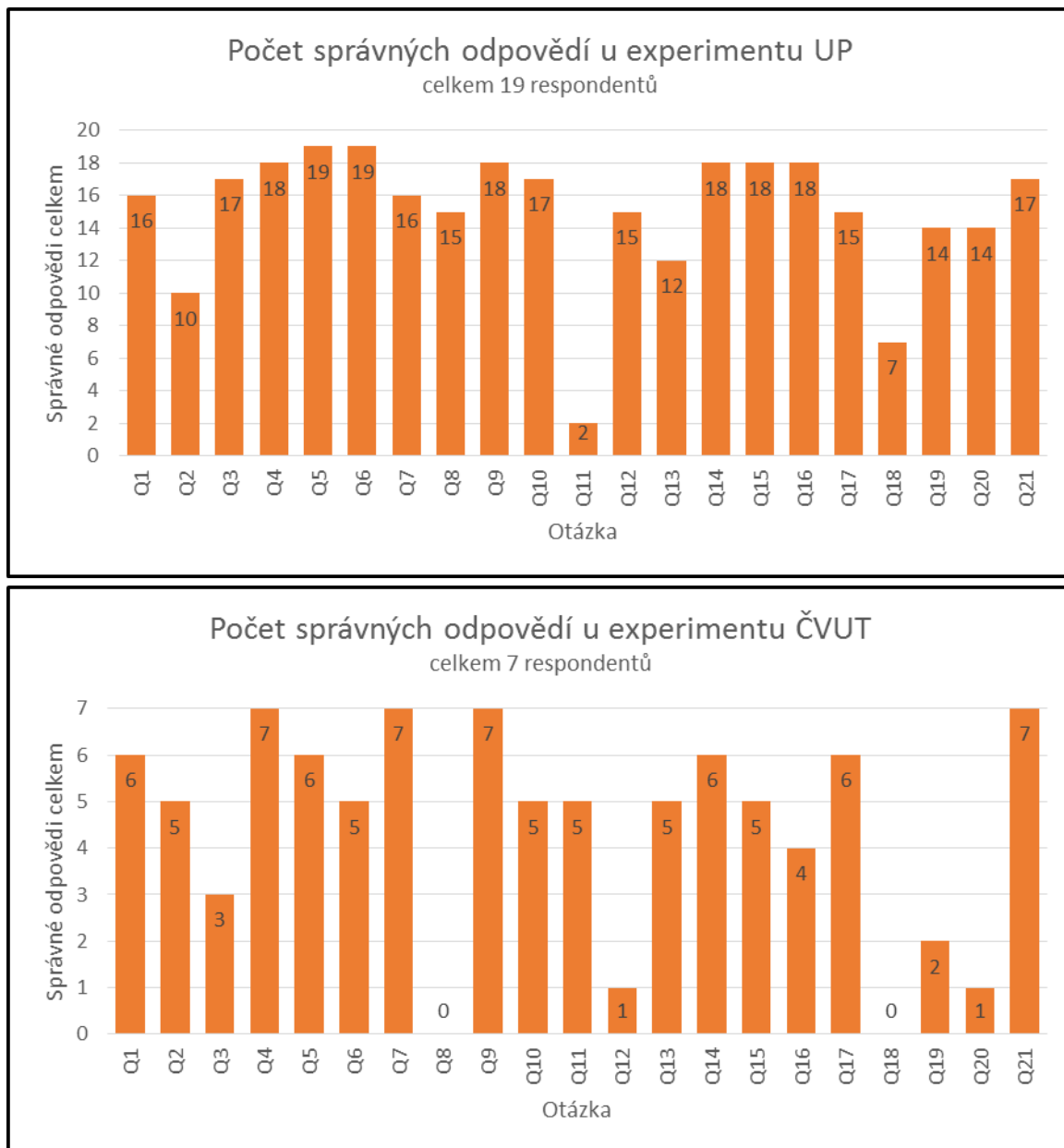
Statistická analýza eye-tracking dat se provádí nad prvotními nebo klasifikovanými daty s identifikovanými fixacemi pohledu respondenta a sakádami (rychlými očními pohyby).

Pro identifikaci fixací a sakád obou skupin testování byl použit program OGAMA. Proto musela být prvotní data naměřená při testování eye-trackerem SMI RED 250 v eye-tracking laboratoři katedry geoinformatiky naimportována do databáze programu OGAMA. K tomu byl využit online nástroj SMI2Ogama 1.0 dostupný na <http://eyetracking.upol.cz/smi2ogama/> jenž byl vytvořen a je provozován katedrou geoinformatiky UP v Olomouci od roku 2015. Program OGAMA využívá pro identifikaci fixací algoritmus I-DT, který je vhodný pro data naměřená s frekvencí 250 Hz a nižší (Popelka, 2015). Nastavení parametrů maximální vzdálenosti, minimálního počtu bodů, sloučení po sobě jdoucích fixací a poloměru vykreslené kružnice fixace bylo ponecháno ve výchozí podobě.

Vzhledem k nekompatibilitě výsledků získaných z obou provedených skupin testování, která je zapříčiněna použitím různých eye-trackerů s jinou vzorkovací frekvencí, různými rozlišeními použitých stimulů a konečně různými programy pro provedení testování, bylo přistoupeno k analýze obou testování zvlášť, jakožto rozdílných statistických souborů.

Správnost odpovědí v části experimentu s otázkami sice není eye-tracking metrikou, ale je důležitou charakteristikou provedených testování. Otázky, na které bylo odpovídáno pomocí formuláře, zobrazeném po stimulu, byly vyhodnoceny jednoduchým porovnáním reálné a správné odpovědi. Otázky vyžadující označení prvků v diagramu byly vyhodnoceny nastavením AOI (Area of Interest) ve stimulu a analýzou pozice kurzoru spolu se stisknutím levého tlačítka myši. Správné odpovědi jsou takové, u kterých respondent označil právě všechna AOI a žádnou jinou oblast diagramu. Správnost odpovědí je zobrazena v grafech v obrázku 5.2.

Nejúspěšnější respondent ze skupiny UP odpověděl správně na 20 z 21 otázek, průměrná úspěšnost byla 16,58 správných odpovědí. Nejúspěšnější respondent ze skupiny ČVUT správně odpověděl na 16 otázek, průměrná úspěšnost byla 13,29 správných odpovědí.



Obr. 5.2 Grafy správnosti odpovědí.

Nejméně správných odpovědí u skupiny UP vykazuje 11. otázka s 11 % správných odpovědí. Tato jako jediná byla koncipovaná tak, že výchozí nastavení barevné výplně symbolu rastrových dat bylo pozměněno, aby odpovídalo vektorovým datům. Aby respondent dokázal správně odpovědět, měl se orientovat podle názvu posledního příkazu a vlastních znalostí operací v GRASS GIS. Zcela bez správných odpovědí u skupiny ČVUT jsou 8. a 18. otázka. 8. otázka vyžadovala označení parametrických příkazů v modelu, stejné zadání je i v případě 12. a 20. otázky, kde odpověděl správně pouze jeden respondent. Tento typ úkolu působil této skupině problém najít řešení. 18. otázka vykazuje málo správných odpovědí i ve skupině UP s 37 % správných odpovědí. Tato otázka byla vytvořena na diagramu s nejvíce prvky v náhodném uspořádání a k jejímu řešení se respondent musel orientovat podle číslování příkazů, které bylo narušeno vloženým příkazem. Předpokladem této otázky bylo, že bude respondentům činit největší potíže.

Z klasifikovaných dat získaných po identifikaci fixací a sakád byly zjištěny následující sledované **eye-tracking metriky**, český překlad podle Kučery (2014):

- Fixation duration mean (průměrná délka fixace),
- Fixations count (počet fixací),
- Pathlength between fixations (průměrná vzdálenost mezi po sobě jdoucími fixacemi),
- Trial duration (délka trialu).

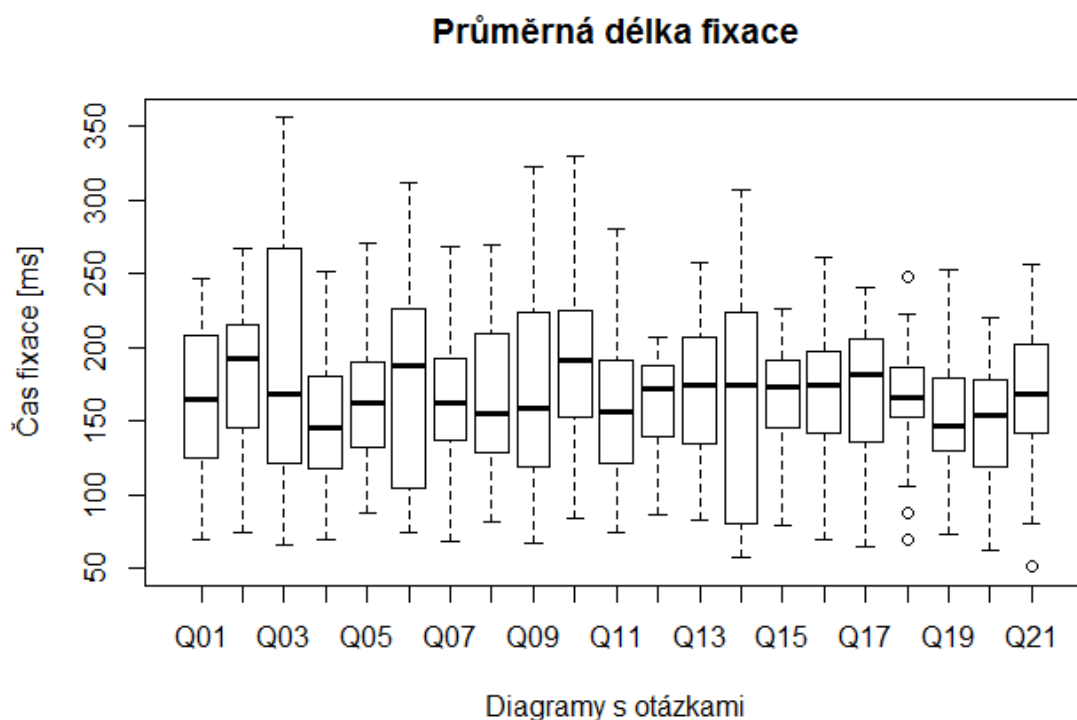
Délka trialu byla zjištěna pouze u části stimulů s otázkami, protože v části volného pozorování byl zvolen čas prohlížení 5 sekund bez možnosti ovládní respondentem. Průměrná hodnota sledovaných metrik pro respondenty skupiny UP je uvedena v tabulce 5.1.

Tab. 5.1 Průměrné hodnoty sledovaných metrik respondentů UP.

	Fixation Duration Mean (ms)	Fixations count	Fixation Connections Length (px)	Trial Duration (ms)
F_01	189,27	28	2263,65	-
F_02	205,41	26	1433,08	-
F_03	178,76	28	3567,79	-
F_04	159,34	31	2478,68	-
F_05	178,37	29	2085,38	-
F_06	178,57	28	2181,75	-
F_07	176,20	29	2463,80	-
F_08	158,51	32	2370,76	-
F_09	172,93	28	2605,43	-
F_10	166,14	30	2908,49	-
F_11	172,71	29	2231,90	-
F_12	161,59	31	2706,94	-
Q_01	167,88	52	6581,76	12829
Q_02	177,11	73	4988,41	16532
Q_03	193,68	33	2107,66	15079
Q_04	149,48	25	2946,88	10451
Q_05	165,93	22	2188,48	7333
Q_06	177,80	18	1198,25	8892
Q_07	164,82	24	2531,65	8283
Q_08	166,52	41	4456,05	11189
Q_09	176,38	73	7157,37	16369
Q_10	188,61	65	5275,51	15897
Q_11	156,56	41	4083,17	13287
Q_12	162,93	44	4238,99	16066
Q_13	171,23	58	4477,77	14221
Q_14	174,06	43	3562,86	11078
Q_15	165,13	41	3255,46	13418
Q_16	169,95	57	7271,15	19326
Q_17	170,99	88	9444,79	18689
Q_18	163,42	147	14224,02	33072
Q_19	153,01	60	7483,43	17236
Q_20	149,44	59	8063,77	18221
Q_21	163,39	24	2537,43	7622

Délka fixace je metrikou, která poukazuje na obtížné získávání informací ze stimulu nebo vyšší poutavost daného prvku (Just, Carpenter, 1976). Obtížnost čtení diagramu je jednou z charakteristik grafické notace zjišťovaných při části experimentu s otázkami, kdy respondenti museli pro řešení úkolu zjistit z prezentovaného diagramu informace, proto je dále analyzována tato metrika. V obr. 5.3 je zobrazen krabicový graf pro průměrné délky fixací u skupiny respondentů UP.

Pomocí Shapiro-Wilkova testu byla otestována normalita průměrných délek fixací u jednotlivých stimulů. Normalita je zamítnuta jen u 12. stimulu s otázkou, kde je výsledkem testu hodnota $W = 0,8955$ a $p\text{-value} = 0,04804$.



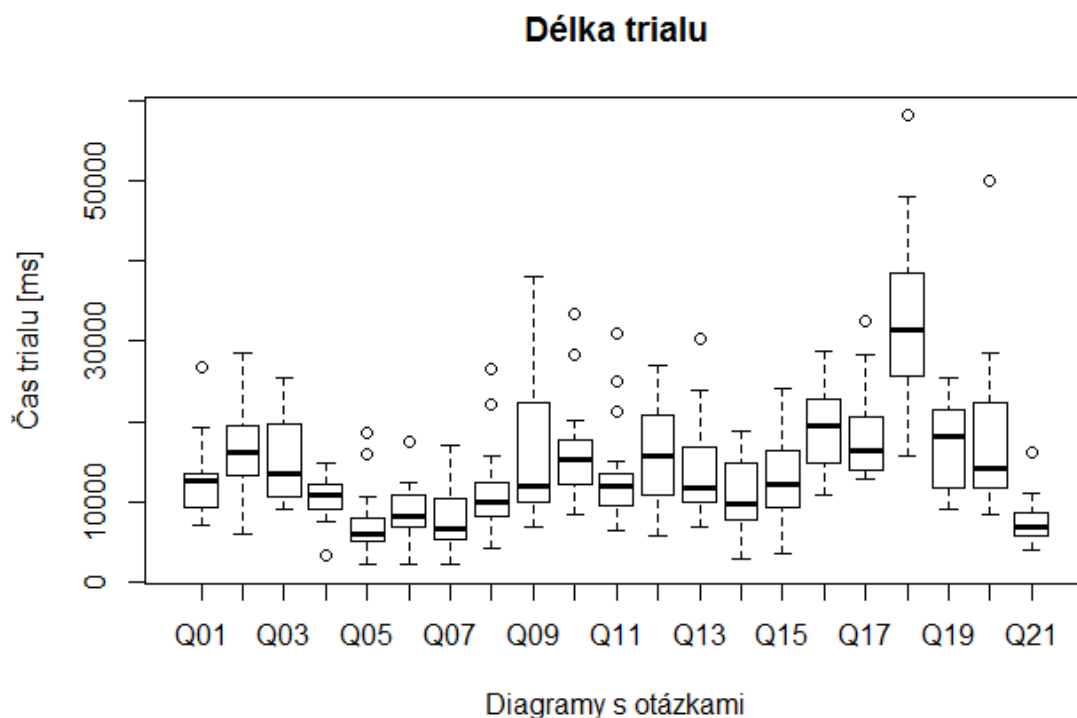
Obr. 5.3 Krabicový graf průměrných délek fixací respondentů UP u stimulů s otázkami.

Stejným způsobem je vizualizována v obrázku 5.4 metrika **délky trialu**. Tato metrika udává čas prohlížení jednotlivých stimulů. V aplikaci na provedený experiment má tento čas význam ve vztahu k obtížnosti nalezení odpovědi (správných i chybných) v diagramu na položenou otázku. Obtížnost diagramu byla ovlivněna jednak charakterem otázky, počtem prvků v diagramu a také uspořádáním prvků.

Pomocí Shapiro-Wilkova testu byla otestována normalita délky trialu. Normalita byla zamítnuta u 11 stimulů (viz tab. 5.2).

Tab. 5.2 Výsledky Shapiro-Wilkova testu u stimulů s $p\text{-value} < 0,05$.

Stimulus s otázkou	W	P-value
Q1	0,8615	0,01294
Q3	0,8868	0,03404
Q5	0,843	0,006578
Q7	0,8592	0,01185
Q9	0,8268	0,003722
Q10	0,8678	0,01635
Q11	0,8144	0,002442
Q13	0,8767	0,02299
Q17	0,8512	0,008835
Q20	0,7995	0,001496
Q21	0,8774	0,02359



Obr. 5.4 Krabicový graf délky trialu respondentů UP u stimulů s otázkami.

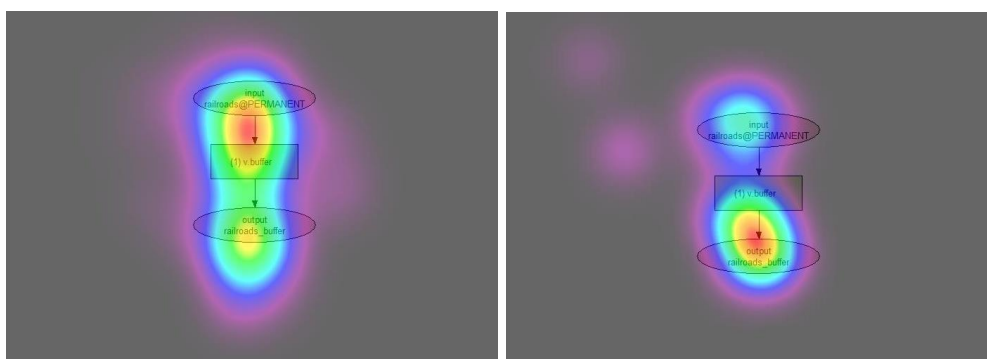
5.4 Porovnání s hodnocením podle principů fyzické notace

V této podkapitole jsou výsledky zjištěné statistickou analýzou doplněny o další vybrané metody analýzy eye-trackingu a porovnány s principy fyzické notace za účelem ověření výsledků hodnocení podle těchto principů a doplnění o další zjištění získaná z experimentů.

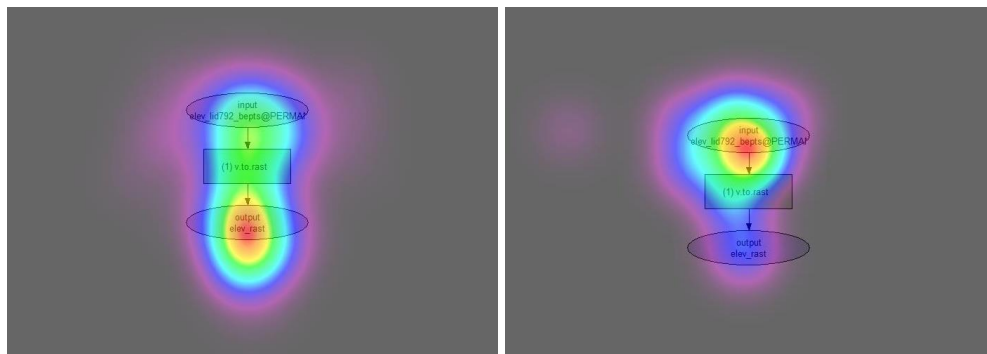
5.4.1 Semiotic Clarity, Perceptual Discriminability

Ve vztahu k principům sémiotické čistoty a fyzické rozlišitelnosti se vztahovalo několik stimulů zaměřených na možné nedostatky v grafické notaci. Rozlišením datového typu datového prvku se zabývají stimuly v části s otázkami 3, 6 a 11. Úkolem bylo rozpoznat datový typ podle barvy výplně, která slouží v grafické notaci jako vizuální proměnná kódující datový typ. Podle principu vizuální expresivity je barva nejvíce efektivní vizuální proměnná a rozlišení datového typu by tak mělo být u zkušených uživatelů rychlé a bezchybné. Otázky 3 a 6 používaly podobné diagramy o třech prvcích se stejným uspořádáním, pouze s odlišným datovým typem výstupního prvku. U diagramu, použitém v 11. otázce, byla barva výplně pozměněna, což je možné provést v nastavení komponenty. Výstupní data u této otázky jsou rastrového typu, ale barva odpovídá vektorovým prvkům. Na tento fakt nebyl respondent upozorněn, měl možnost se orientovat podle použitého příkazu *v.to.rast*, jehož výstupem jsou vždy rastrová data. Předpokladem pro správné zodpovězení této otázky byla znalost použitého příkazu a také bezchybné čtení diagramu. Tato otázka se tedy dotýká i principu duálního kódování.

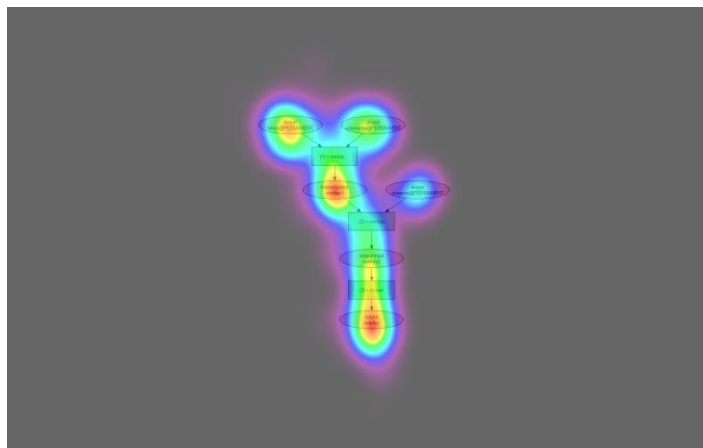
Výsledky u otázky 3 jsou ovlivněny u skupiny UP tím, že diagram byl v testu použitý na pevné první pozici. Respondenti mohli na první otázku reagovat rozvážněji a opatrněji než na otázky následující. Správnost odpovědí u otázek 3 a 6 je u skupiny UP vysoká. Zaznamenány jsou dvě chybné odpovědi u otázky 3 a žádná u otázky 6. Podle vybraných eye-tracking metrik (tab. 5.1) se řadí otázka 6 k nejméně obtížným. U skupiny ČVUT je zřetelný rozdíl ve správnosti odpovědí, kde otázka 3 má pouze 43 % správných odpovědí. Rozdíl mezi fixacemi obou skupin respondentů je vizualizován v attention mapách s váhami fixací podle délky (obr. 5.5 a 5.6). Otázka 11 (obr. 5.7) se změnou barvou výplně zaznamenala pouze 11% úspěšnost u respondentů UP, ale 71% úspěšnost u respondentů ČVUT. Z těchto výsledků lze usoudit, že vliv barvy na rozlišení datového typu závisí na způsobu, s jakým uživatel s komponentou pracuje a na které prvky se zaměřuje. Pro významnější skupinu UP měla barva výplně velký vliv na rozhodování. Při otázce na datový typ se respondenti zaměřili hlavně na datové prvky a jejich vlastnosti.



Obr. 5.5 Attention map pro stimulus q_03_buffer_vertical skupiny UP (vlevo) a ČVUT (vpravo).



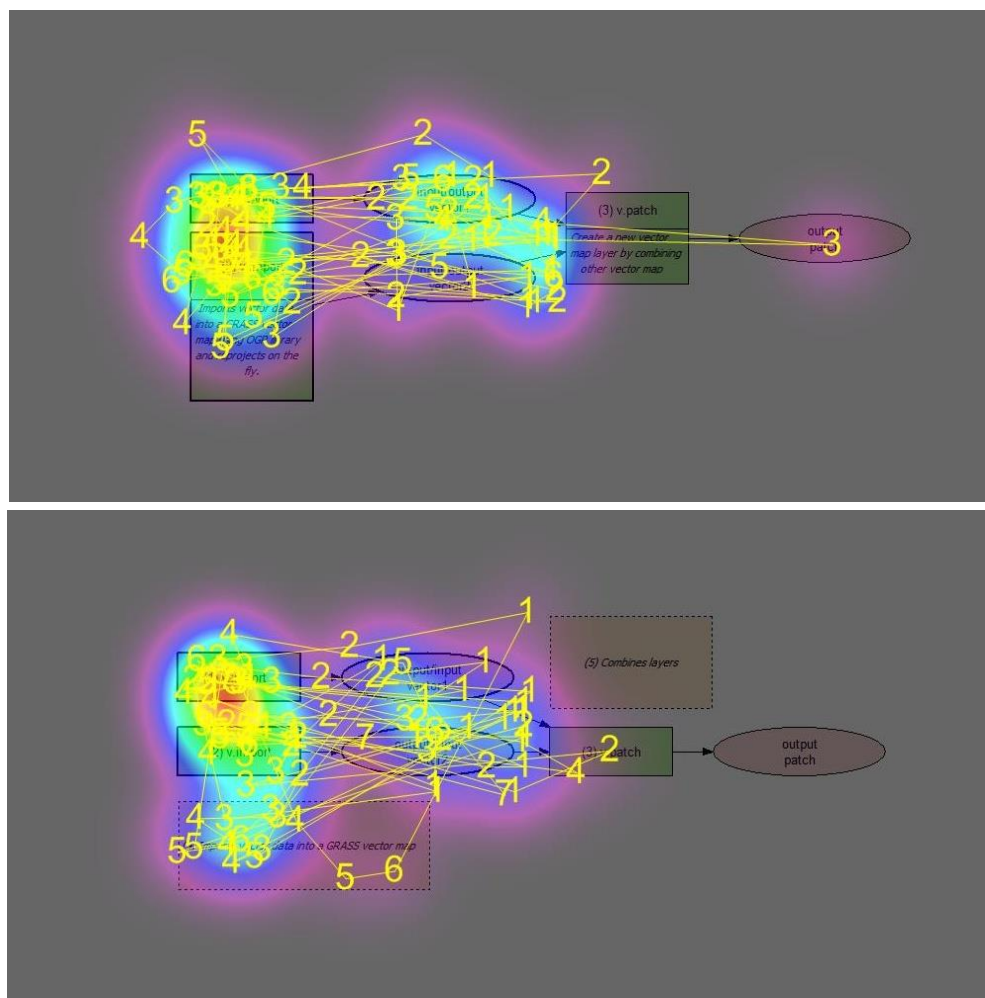
Obr. 5.6 Attention map pro stimulus q_06_vtorast skupiny UP (vlevo) a ČVUT (vpravo).



Obr. 5.7 Attention map pro stimulus q_11_overlay_colourchange skupiny UP.

Stejně principy se týkají otázek 4, 5, 15 a 19. V těchto otázkách bylo úkolem nalezení prvků příkazu (otázka 15), nebo komentáře (4, 5 a 19). Nalezení prvků příkazů nebylo problematické, u skupiny UP byla úspěšnost 95 % a u skupiny ČVUT 72 %. Komentáře lze do diagramu v Graphical Modeler umístit dvěma způsoby, samostatně, nebo do prvku komentáře, tento rozdíl je zkoumán v otázce 4 a 5. Obě otázky vykazují vysokou úspěšnost odpovědí u obou testovaných skupin. Rozdíl je viditelný v délce trialu a vzdálenostmi mezi fixacemi. Otázka 4 s komentáři v příkazu byla podle těchto metrik více obtížná než otázka 5 se samostatnými komentáři.

Prvek komentáře použitý samostatně je svou velikostí výrazný mezi ostatními použitými prvky, proto bylo porovnáno, zda tato výraznost má nějaký vliv na první fixace respondentů, tedy zda upoutává svou pozornost více komentář v prvku příkazu, nebo samostatně. K tomu jsou porovnány stimuly 11 a 12 v části bez otázek (obr. 5.8), a to v záznamu první sekundy pozorování. U obou stimulů jsou zřejmé první fixace na střed diagramu a následující fixace na prvky zcela vlevo. Rozdíl nastává u následujících fixací. V případě komentáře v prvku příkazu (stimul 11) je na levém komentáři pouze 5 fixací. U stimulu 12 se samostatnými komentáři je na levém komentáři 14 fixací, z toho již čtyři třetí fixace. V případech obou stimulů není během první sekundy žádná fixace na komentáři vpravo. Je tedy viditelný rozdíl v poutavosti komentáře samostatného a v prvku, stále má ovšem velký vliv pozice prvku v diagramu, kdy první fixace směřují většinou vlevo.



Obr. 5.8 Pořadí fixací a attention map po 1. sekundě u skupiny UP pro stimuly f_11_comments_commands (nahore) a f_12_comments_discrete (dole).

Otázkami 7 a 21 bylo sledováno rozpoznání prvku cyklu a vliv umístění cyklu v diagramu na kognitivní efektivitu. Pro porovnání obtížnosti obou otázek je použito párované porovnání délek trialu pomocí Wilcoxonova testu pro sledované veličiny bez normálního rozdělení (viz tab. 5.2).

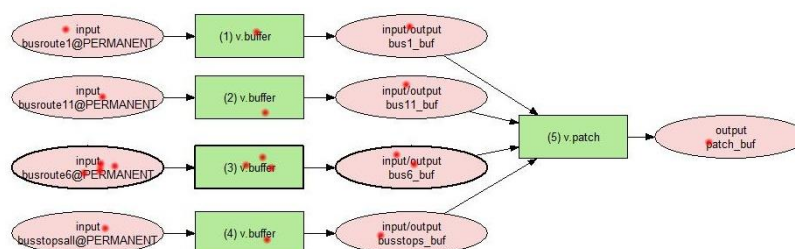
Wilcoxon rank sum test

```
data: DurTrial$Q07 and DurTrial$Q21
W = 168, p-value = 0.8636
```

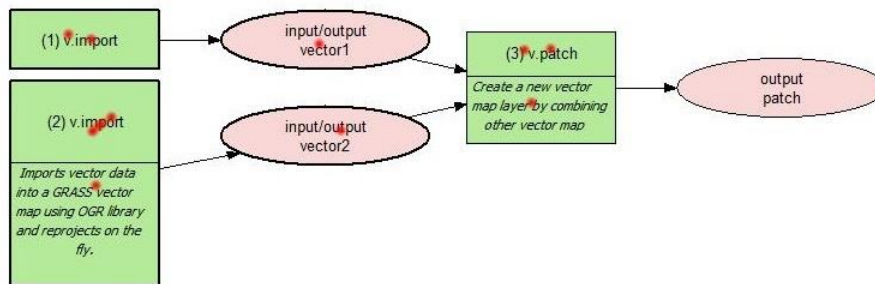
Tento test neprokázal statisticky významný rozdíl mezi délkami trialu ve stimulech s různým umístěním prvku cyklu. Umístění nemá vliv na rozpoznání prvku.

V těchto otázkách docházelo také u respondentů k různým interpretacím, v které části cyklus označit. Cyklus byl mnoha respondenty vnímán ne jako samostatný symbol tvaru elipsy, ale jako celý řetězec obsahující i spojovací linie a příkazy (viz obr. 4.5), z toho důvodu bylo při vyhodnocování správnosti přistoupeno k vytvoření AOI správné odpovědi nad cyklem i s připojenými příkazy. Alternativním přístupem by bylo podobné odpovědi považovat za chybné, čímž by se značně snížil počet správných odpovědí. Označení cyklu nikoliv jako symbolu, ale jako řetězce příkazů není v principu špatné a poukazuje na způsob vnímání diagramu respondenty.

Poslední série otázek zabývající se principy v této podkapitole je zaměřena na nalezení specifických typů příkazů. S parametrizací a zakázaných. Nalezení zakázaných příkazů je úkolem otázky 14. Ačkoliv použití zakázaného příkazu není pro tvorbu modelů zcela typické a v rámci tutorialu pro studenty nebyl tento prvek zahrnut, tak se ukázal jako sémanticky jednoznačný. V obou skupinách testování byla u této otázky pouze jedna chybná odpověď. U otázek 8, 12 a 20 na příkazy s parametrizací je viditelný velký rozdíl ve správnosti odpovědi mezi skupinou UP a ČVUT. Zatímco skupina UP odpovídala správně v 74 % až 79 % případů, u respondentů ČVUT je nejvyšší počet správných odpovědi u těchto otázek pouze 1. Při testování docházelo k dvěma častým chybám (obr. 5.9 a 5.10). Respondent označil všechny příkazy i bez parametrizace, to může být důsledek neznalosti notace nebo nedostatečné patrnosti širšího ohraničení prvku. Nebo respondent označil mimo příkaz i datové prvky s parametrizací, což mohlo být způsobeno nepochopením zadání, nebo zmatením respondenta kvůli použití stejné vizuální proměnné k vyjádření parametrizace u příkazu i datového prvku. V obou případech je vhodné doporučit změnu grafické notace a zvýraznění parametrických prvků (viz podkapitoly 4.4 a 4.6).



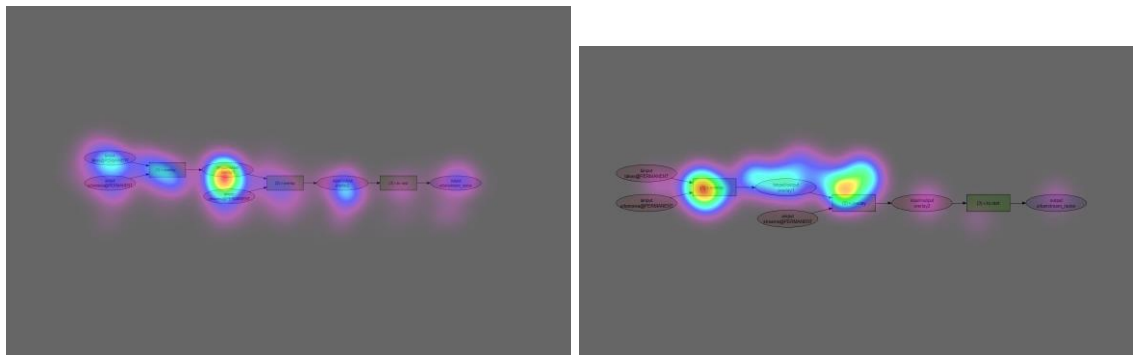
Obr. 5.9 Označení myši (červený bod) u stimulu q_08_buffersPatch_parametric, sk. ČVUT.



Obr. 5.10 Označení myši (červený bod) u stimulu q_12_comments_commands, sk. ČVUT.

5.4.2 Dual Coding

Princip duálního kódování se zaměřuje na využití textu v notaci. V eye-tracking experimentu je reprezentován otázkami 9, 16 a 17. V těchto třech otázkách se musel respondent k nalezení správné odpovědi zaměřit na text v symbolech. Diagramy v těchto otázkách měly různou náročnost určenou počtem prvků a jejich uspořádáním. U otázky 16 je pozorováno použití textu v datovém prvku, kde je podle kapitoly 4.7 navrženo rozlišení textu na parametry a název prvku. Zadáním bylo nalezení vrstvy s názvem *overlay1*. Zatímco u skupiny UP je 95% správnost odpovědí, u skupiny ČVUT je správnost jen 57 %. V attention mapách na obr. 5.11 je vidět rozdíl ve fixacích na jednotlivé prvky, kdy první skupina má nejvíce fixací na správném datovém prvku, druhá má nejvíce fixací na příkazu s názvem *v.overlay*. Ačkoliv je rozlišení symbolu příkazu a datových prvků zajištěno rozdílným tvarem a barvou výplně, tedy dostatečně efektivními proměnnými, může docházet ke zmatení uživatele pomocí textu v prvcích. Řešením může být odlišení textu v příkazech a datových prvcích jiným řezem písma, nebo alespoň jeho dostatečné zvýraznění, aby uživatel nemohl správný název přehlédnout.

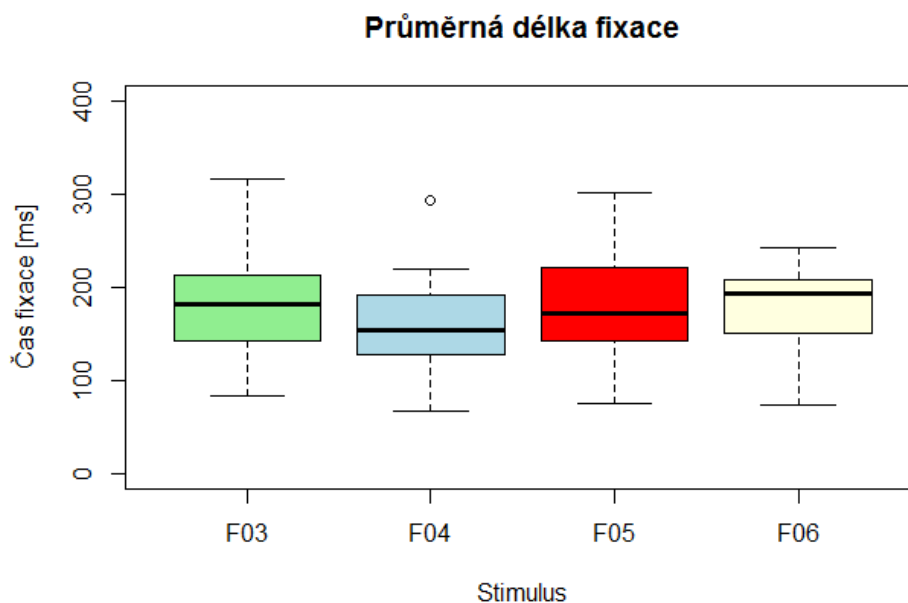


Obr. 5.11 Attention map pro stimulus q_16_overlay_horizontal skupiny UP (vlevo) a ČVUT.

Otázky 9 a 17 jsou zaměřeny na nalezení většího počtu příkazů se shodným názvem. Diagram u otázky 9 byl uspořádán tak, že shodné příkazy *v.buffer* jsou vertikálně uspořádány pod sebou. Naopak diagram 17 vyžaduje označení příkazů rozmístěných po celé ploše diagramu s náhodným uspořádáním. U obou testovaných skupin vykazuje otázka 9 větší úspěšnost než otázka 17, na větší jednoduchost otázky 9 poukazuje i statistická analýza. Tento rozdíl může znamenat vliv rozdílného uspořádání na čtení diagramu. Jednoduchost zjištění názvu příkazu z textu v symbolu se jeví jako dostatečná a není nutné přistupovat k aplikaci dalších vizuálních proměnných.

5.4.3 Complexity Management

Princip řízení složitosti je vyjádřen dvěma sledovanými vlastnostmi Graphical Modeler, a to číslováním prvků a uspořádáním diagramu. Graphical Modeler nedisponuje funkcí automatického zarovnání, proto byly pro účely testování navrženy čtyři způsoby uspořádání prvků v diagramu (obr. 4.7). V části volného pozorování jsou navržena uspořádání ve stimulech 3, 4, 5 a 6. Průměrné délky fixací skupiny UP u těchto stimulů jsou vizualizovány v krabicovém grafu (obr. 5.12). Shapiro-Wilkovým testem nebylo zamítnuto normální rozdělení. Medián s nejvyšší hodnotou je u stimulu 6, diagramu s uspořádáním do skupin podle prvků, což může značit největší obtížnost orientace v diagramu, kdy pohled nepřechází formou krátkých fixací, protože je obtížné vysledovat propojení prvků. Medián s nejnižší hodnotou je u uspořádání vertikálního, kdy respondent v krátkých fixacích sleduje diagram ve vertikálním směru.

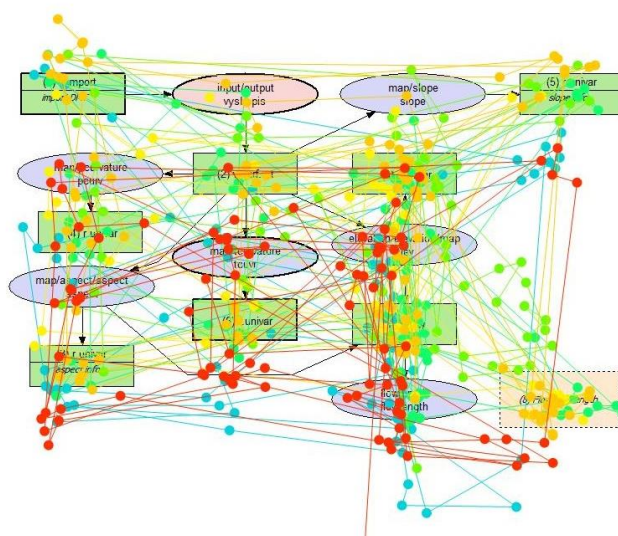


Obr. 5.12 Krabicový graf průměrné délky fixace u stimulů 3 až 6 části bez otázek u skupiny UP.

V experimentu v části s otázkami jsou reprezentovány tři z těchto způsobů zarovnání v otázkách 1, 2 a 13 používající diagramy z části bez otázek se stejným počtem stejných prvků a se stejným zadáním „Označte vstupní data do modelu.“ I tak se správnost odpovědí a eye-tracking metriky při změně uspořádání diagramu významně odlišují. Horizontální uspořádání vykazuje nejlepší výsledky s 84% správností u skupiny UP, resp. 86% u skupiny ČVUT. Náhodné uspořádání v otázce 13 má již pouze 63%, resp. 71% úspěšnost. Nejméně úspěšní byli respondenti při nalezení vstupních dat u uspořádání do skupin podle prvků v otázce 2, skupina UP 53 % a ČVUT 71 %. Tomuto rozdělení obtížnosti odpovídá i pořadí eye-tracking metrik délky trialu, počtu fixací a průměrné délky fixace. Odlišná je průměrná vzdálenost mezi fixacemi, kde horizontální uspořádání vykazuje nejvyšší hodnotu (tab. 5.1). To je zřejmě způsobeno rozměry horizontálně zarovnaného diagramu, kdy vzdálenost mezi prvky je větší než u zbylých dvou diagramů.

Z těchto výsledků vyplývá, že uspořádání diagramu má velký význam nejen pro rychlost čtení, ale i správnost jeho pochopení. Nejlépe čtené jsou diagramy zarovnané horizontálně nebo vertikálně. Náhodná či jiná uspořádání nejsou doporučována.

Číslování prvků bylo testováno v otázce 18. Tato otázka byla vytvořena s předpokladem vysoké obtížnosti. Obsahuje 16 prvků uspořádaných náhodně a řada číslování příkazů je narušena vložením číslovaného komentáře. Pro správnou odpověď na tuto otázku měl respondent za úkol sledovat číslování příkazů a najít příkaz následující po *r.flow* s číslem 7. Následující pořadí ovšem bylo přiděleno prvku komentáře a příkaz následující měl tedy číslo 9. Správnou odpověď označilo pouze 37 % respondentů UP a žádný respondent ČVUT. Tento stimul má také zcela největší průměrný počet fixací a medián délky trialu. To značí obtížnost, s jakou respondenti daný prvek vyhledávali. U většiny respondentů probíhala orientace v diagramu pomocí spojovacích linií, které ovšem v notaci Graphical Modeler nemají na pořadí příkazů vliv. Na obr. 5.13 je vidět velké množství fixací především na datové prvky navazující na příkaz *r.flow*. Respondenti se v diagramu orientovali pomocí pozice prvků a ne číslování.



Obr. 5.13 Scanpath a fixace 7 respondentů se správnou odpovědí u stimulu q_18_univar.

5.5 Dotazníkové šetření

Ihned po každém testu bylo všech 26 respondentů požádáno o vyplnění krátkého dotazníku. Tento dotazník byl vytvořen pomocí webového nástroje Survio dostupného z <http://survio.com>. Obsahoval osm otázek a u každé otázky respondent vybíral ze čtyř odpovědí. Cílem dotazníku bylo zjistit názory respondentů na grafickou notaci komponenty Graphical Modeler, rozlišitelnost prvků, orientaci v diagramech a preferovaný způsob uspořádání diagramů. Dotazník se přímo odkazoval na diagramy použité v otázkách eye-tracking testu, z něhož mohli respondenti čerpat své zkušenosti. Struktura dotazníku a odpovědi je uvedena v tabulce 5.3. U části otázek je v závorce uveden název diagramu z eye-tracking testu, který byl u otázky vyobrazen jako názorný příklad (viz přílohu 1).

Tab. 5.3 Struktura dotazníku

Otázka	Odpověď	Počet
Jak srozumitelná je podle vás grafická notace Graphical Modeler?	Zcela srozumitelná	8
	Spíše srozumitelná	15
	Spíše nesrozumitelná	3
	Zcela nesrozumitelná	0
Jak srozumitelné je podle vás rozlišení datového typu (vektor, raster, 3D raster, ...) v Graphical Modeler?	Zcela srozumitelné	9
	Spíše srozumitelné	12
	Spíše nesrozumitelné	5
	Zcela nesrozumitelné	0
Jak obtížné je podle vás pochopení počátku a konce diagramu vytvořeného v Graphical Modeler?	Velmi jednoduché	14
	Spíše jednoduché	10
	Spíše složité	2
	Velmi složité	0
Jak obtížná je podle vás orientace v diagramu vytvořeném v Graphical Modeler?	Velmi jednoduchá	5
	Spíše jednoduchá	15
	Spíše složitá	6
	Velmi složitá	0
Jak obtížná je podle vás orientace v diagramu uspořádaném horizontálně? (diagram f_03_overlay_horizontal)	Velmi jednoduchá	25
	Spíše jednoduchá	1
	Spíše složitá	0
	Velmi složitá	0
Jak obtížná je podle vás orientace v diagramu uspořádaném vertikálně? (diagram f_04_overlay_vertical)	Velmi jednoduchá	11
	Spíše jednoduchá	14
	Spíše složitá	1
	Velmi složitá	0
Jak obtížná je podle vás orientace v diagramu uspořádaném do skupin podle prvků? (diagram f_06_overlay_clusters)	Velmi jednoduchá	1
	Spíše jednoduchá	3
	Spíše složitá	17
	Velmi složitá	5
Jak obtížná je podle vás orientace v diagramu uspořádaném náhodně? (diagram f_05_overlay_spaceefficient)	Velmi jednoduchá	1
	Spíše jednoduchá	0
	Spíše složitá	14
	Velmi složitá	11

První otázka se dotýká několika principů fyzické notace, zejména principu sémantické jednoznačnosti. Většinový názor respondentů značí, že grafická notace je spíše nebo zcela srozumitelná, 12 % označilo notaci za spíše nesrozumitelnou. O sedm procentních bodů více respondentů označilo za spíše nesrozumitelné použití barvy výplně na rozlišení datového typu.

Hlavním výstupem dotazníkového šetření je názor respondentů na obtížnost orientace v diagramech vytvořených v Graphical Modeler, která se dotýká principu řízení složitosti. Třetí a čtvrtá otázka se zabývá obecnou orientací v jakémkoliv diagramu. Zcela základní vlastností diagramu je jeho schopnost zobrazit začátek a konec procesu. 54 % respondentů bylo názoru, že pochopení začátku a konce je velmi jednoduché, dalších 38 % označilo možnost spíše jednoduché. Graphical Modeler tedy této podmínce podle názoru respondentů odpovídá. Obtížnost orientace v diagramu označilo za velmi jednoduchou pouze 19 % respondentů. Většina, 58 %, se přiklonila k možnosti „spíše jednoduchá“ a zbytek označil možnost „spíše složitá“.

Nesnadná orientace v diagramu je výsledkem nesprávného uspořádání prvků. Čtvrtá až osmá otázka se ptá na názor na konkrétní uspořádání a preference respondentů. Z výsledků je patrná absolutní preference uspořádání v horizontálním zarovnání s 96 % označeními možnosti „velmi jednoduchá“. Druhá varianta zarovnání, vertikální, je již hůře přijímána. 54 % považuje tuto variantu za spíše jednoduchou a jen 42 % za velmi jednoduchou. Jeden respondent označil vertikální uspořádání za spíše složitě. Zarovnání diagramu do skupin podle prvků označila většina respondentů za spíše složitě a jen čtyři respondenti za jednoduché. Nejvíce obtížné vychází z dotazníku uspořádání náhodně, bez zarovnání. 54 % jej označilo za spíše složitě, 42 % za velmi složitě a pouze jeden respondent za velmi jednoduché. Rozdíl v hodnocení jednotlivých uspořádání odpovídá hypotéze o vlivu uspořádání na percepci diagramu. Implementace funkce automatického zarovnání do komponenty Graphical Modeler může značně pomoci k efektivitě notace. Bez této funkce je možné vydat doporučení uživatelům, tvůrcům diagramů, aby své diagramy zarovnávali právě do horizontálního nebo vertikálního uspořádání.

6 VÝSLEDKY

Výsledkem této bakalářské práce je zhodnocení kvalit grafické notace GRASS GIS VPL komponenty Graphical Modeler, a to pomocí metody hodnocení podle principů fyzické notace pro kognitivně efektivní notace Daniela Moodyho a metodou eye-tracking testování. Dále jsou rozvedeny nedostatky v grafické notaci a vytvořeny návrhy na zkvalitnění. Vedlejšími výsledky jsou návrhy eye-tracking experimentů pro testování Graphical Modeler v programech SMI Experiment Center a OGAMA.

6.1 Metoda hodnocení podle principů fyzické notace

Aplikováním principu sémiotické čistoty (viz podkapitolu 4.1) byl zjištěn jeden nedostatek grafické notace, a to přetížení symbolu elipsy používaného pro reprezentaci datových prvků a při určitých podmínkách i cyklu. K odstranění tohoto nedostatku byly vytvořeny dva alternativní návrhy změny notace. Prvním je změna výchozí velikosti symbolu cyklu (obr. 4.2), druhým je úplná změna tvaru na symbol šestiúhelníku (obr. 4.3), což odpovídá koncepci vývojových diagramů. Mimo tento nedostatek byla notace podle tohoto principu zhodnocena jako vyhovující.

Princip fyzické rozlišitelnosti (viz podkapitolu 4.2) hodnotí přesnost vzájemné rozlišitelnosti symbolů ve vztahu 1:1 podle vizuální vzdálenosti proměnných. Zde byly nalezeny dva nedostatky v podobě špatné rozlišitelnosti prvků bez parametrizace a s parametrizací a rozlišitelnost prvku příkazu a komentáře. Úprava je možná vybráním jiné, více efektivní, vizuální proměnné k reprezentaci prvků s parametrizací v prvním případě a změny tvaru prvku komentáře v případě druhém (obr. 4.4). Další nedostatky nebyly nalezeny.

Podle principu sémantické jednoznačnosti (viz podkapitolu 4.3) mohou nastat čtyři podoby symbolu podle míry, s jakou lze odvodit význam symbolu podle jeho vzhledu. Může nastat sémantická bezprostřednost, průsvitnost, nejasnost, nebo nesprávnost. Symboly Graphical Modeler byly zhodnoceny jako sémanticky nejasné, což je nedostatek zejména ve vztahu k začínajícím uživatelům. Pokročilí uživatelé se zkušenostmi s jinými VPL mohou v notacích najít určité shody a hodnotit Graphical Modeler jako více jednoznačný. Zlepšením by i v tomto principu bylo nahrazení tvaru symbolu pro cyklus šestiúhelníkem.

Největší nedostatky byly nalezeny v principu řízení složitosti (viz podkapitolu 4.4). Tento princip sleduje počet prvků použitých v diagramu a možnosti notace ovlivnit efektivitu předávání informace pomocí různých mechanismů zejména u diagramů s vysokým počtem prvků. Graphical Modeler nepoužívá modularizaci ani hierarchickou strukturalizaci. Základním nástrojem řízení složitosti je číslování prvků, které má ale několik nedostatků a do jedné číselné řady zahrnuje prvky různého typu. Vylepšení principu číslování je možné v aplikaci více číselných řad, nebo úplného vynechání komentářů z číslování. Dále je vhodné aplikovat princip rekurzivní dekompozice na prvky příkazu a cyklu. Nedostatkem v řízení složitosti stojícím mimo grafickou notaci je neexistence automatického zarovnání diagramu (obr. 4.7).

Princip vizuální expresivity (viz podkapitolu 4.5) hodnotí celkový počet vizuálních proměnných použitých v notaci. Graphical Modeler používá tři proměnné z celkového možného počtu osmi, notace tedy není vizuálně nasycená. Z dalších možných proměnných se nabízí implementace textury pro odlišení prvků s parametrizací.

Použitím textu v grafické notaci se zabývá princip duálního kódování (viz podkapitolu 4.6). Text je nejvíce efektivní jako doplněk ke grafickému vyjádření jako součást nadměrného kódování, takové symboly se nazývají hybridní. Podle principů fyzické notace by text neměl nikdy sloužit jako jediný způsob rozlišení mezi symboly. Možnost vytvoření hybridních symbolů je v případě skupin příkazů, které lze doplnit o různou barvu výplně symbolu (obr. 4.8). Dalším doporučením pro zvýšení efektivity je odlišení popisků datových prvků pomocí řezu písma (obr. 4.9).

Princip ekonomie grafiky hodnotí velikost vizuálního slovníku a grafickou složitost notace (viz podkapitolu 4.8). Doporučovaný maximální počet použitých symbolů je šest, čemuž Graphical Modeler odpovídá. Tomuto principu tedy notace vyhovuje. Aplikace principů kognitivní integrace (viz podkapitolu 4.5) a kognitivní vhodnosti (viz podkapitolu 4.9) je pro grafickou notaci Graphical Modeler složitá, protože se zabývají vlastnostmi, které funkcionalita komponenty nepodporuje. Tudíž tyto dva poslední notace nesplňuje.

6.2 Metoda eye-tracking testování

Výsledkem této části je návrh 33 diagramů toků dat v Graphical Modeler, sestavení dvou eye-tracking experimentů za použití různého programového a technického vybavení, provedení dvou skupin testování, analýza testování a porovnání s výsledky hodnocení podle principů fyzické notace a závěrem sestavení dotazníku a analýza odpovědí.

Sestavené experimenty byly navrženy ve dvou provedeních. Jedno pro provedení testování v laboratoři katedry geoinformatiky UP s použitím programu SMI Experiment Center a eye-trackeru SMI RED 250 a druhé pro testování mimo laboratoř se zapůjčeným eye-trackerem Eye Tribe ET1000 v programu OGAMA. Experimenty obsahovaly 33 stimulů rozdělených do dvou částí, volného pozorování s 12 stimuly a části s otázkami s 21 stimuly. V každé části bylo zvoleno náhodné řazení otázek k potlačení efektu učení. Testování bylo provedeno se dvěma skupinami respondentů, studentů. První „skupina UP“ se skládá z 19 respondentů, druhá „skupina ČVUT“ ze 7.

Podle statistické analýzy (viz podkapitolu 5.3) byly pro skupinu UP nejméně obtížné otázky 5 a 6 s nejvíce správnými odpověďmi, krátkými časy trialu a relativně nízkým počtem fixací. V těchto diagramech byl použit nízký počet prvků a dotazované symboly používají pro rozlišení efektivní vizuální proměnnou, barvu. Nejobtížnější byla otázka 18 s 37 % správných odpovědí a nejdelším časem trialu. Tato otázka používá diagram s největším navrženým počtem prvků v náhodném řazení a pro správnou odpověď musel respondent sledovat číslování prvků. Při porovnání skupin respondentů podle správnosti odpovědí byla úspěšnější skupina UP.

Porovnání s principy sémiotické čistoty a fyzické rozlišitelnosti (viz podkapitolu 5.4.1) byla zjištěna důležitost barvy výplně, která ovšem není sémanticky jednoznačná. Uživatelé bez hluboké znalosti notace je význam rozlišení datového typu barevnou výplní skrytý. Rozlišení prvku příkazu je pro většinu uživatelů jednoduché. U komentáře je pro rychlejší percepci vhodné používat komentář jako samostatný prvek, což je v souladu se závěry hodnocení v kapitole 4.1. Cyklus byl správně označen v 84 % až 89 % případů u skupiny UP a 100 % případů u skupiny ČVUT. Wilcoxonovým testem nebyl nalezen významný rozdíl v rychlosti nalezení cyklu při jeho různém umístění. Repräsentace zakázaných příkazů byla potvrzena jako správně zvolená. Oproti tomu u příkazů s parametrizací nastal problém zejména u skupiny ČVUT s max. jednou správnou

odpovědi u tohoto typu otázky. Zde je doporučena změna notace s použitím jiné vizuální proměnné k reprezentaci parametrického příkazu.

Princip duálního kódování (viz podkapitolu 5.4.2) potvrdil obtížnost zjištění názvu vrstvy ze symbolu datového prvku. Naopak nalezení příkazů se shodným názvem se neukázalo jako obtížné. Text je v případě příkazů použit účelně a není nezbytně nutné aplikovat další rozlišení prvků příkazu např. podle skupin příkazů (obr. 4.8).

Prvky řízení složitosti v Graphical Modeler byly analyzovány v podkapitole 5.4.3. Číslování se neukazuje jako efektivní pro orientaci v diagramu. Uživatelé používají pro orientaci v diagramu především spojovací linie a uspořádání prvků. Je proto vhodné, aby prvky na sebe navazující spolu ve výsledném diagramu sousedily. Řada číslování příkazů je dále narušena použitím stejné řady pro komentáře, což uživatele desorientuje. Dále je analyzováno použití různých uspořádání, kde nejefektivnější se ukazuje zarovnání horizontální a vertikální. Zcela se nedoporučuje uspořádání diagramu náhodné nebo jiné. Uspořádání má zásadní vliv na kognici diagramu uživatelem, použití nevhodného uspořádání způsobuje obtížné čtení až získávání zcela špatných informací z diagramu.

Ze závěrečného dotazníku, který se týkal názorů a zkušeností respondentů s grafickou notací Graphical Modeler, vyplynuly následující výsledky. Grafická notace je pro uživatele spíše srozumitelná s možnostmi pro další zlepšení. Orientace v diagramu je celkově spíše jednoduchá, ale závisí na použitém uspořádání prvků. Preferovaným uspořádáním je horizontální zarovnání, nejobtížněji se uživatelé orientují v diagramech s uspořádáním náhodným.

7 DISKUZE

Cílem této práce bylo vytvoření hodnocení grafické notace Graphical Modeler za použití principů fyzické notace a metody eye-tracking přičemž byly vytvořeny dvě sady experimentů a otestovány dvě skupiny respondentů. Při testování se skupinou ČVUT bylo využito zapůjčeného „přenosného“ eye-trackeru Eye Tribe a experimentu v programu OGAMA. Toto testování probíhalo v počítačové učebně katedry geomatiky ČVUT v Praze, kde i přes veškerou snahu nebylo bohužel možné dosáhnout podmínek srovnatelných s vybavením laboratoře na UP v Olomouci. Největším problémem se ukázalo obtížné polohování respondenta při kalibraci eye-trackeru. Při použití jedné obrazovky chyběla v průběhu testování zpětná vazba o aktuální poloze respondenta a chybovosti snímání. Pokud se respondent příliš vzdálil od eye-trackeru v průběhu experimentu, tak chyba ve snímání byla zjištěna až zpětně při analýze naměřených dat. Výsledná data z tohoto testování tak vykazují značnou chybovost a jejich analýza se proto v této práci odlišuje od testování na UP v Olomouci. Při porovnání přípravy a průběhu obou testování lze hodnotit program SMI Experiment Center jako vhodnější pro provádění testování, ať už svou funkčností, tak ovládním.

Analýza obou testování probíhala v programu OGAMA, za tímto účelem byla data z testování provedeného v SMI Experiment Center do OGAMA naimportována. Při importu i při opakovaných pokusech docházelo k nečekané chybě a ztrátě dat u respondenta P11 ze skupiny UP. Při analýze testování byl tedy tento respondent odstraněn.

Vzhledem k tomu, že tato práce svým zadáním pokračuje v řadě studentských prací na obdobné téma hodnocení VPL komponent, tak se zřejmě nevyhne určitému srovnání s pracemi předchozími. K tomuto je shrnuto několik podstatných odlišností tak, jak byly zjištěny v rámci rešerše a studia literatury. Zcela zřejmým rozdílem jsou hodnocené komponenty, které mají spoustu svých specifík, které musely být v rámci práce nastudovány a popsány. Notace Graphical Modeler obsahuje navíc, oproti dříve hodnoceným VPL komponentám, např. symbol cyklu, komentáře, zakázaného prvku, mimo to barevně odlišuje typ dat (vektor, rastr, 3D raster). Testované diagramy tedy obsahovaly i použití těchto prvků a testování jejich rozlišitelnosti. Návrh eye-tracking experimentů byl diskutován s vedoucí práce a bylo zohledněno několik faktorů, ve výsledku jsou dva komplexní experimenty s 33 stimuly ve dvou částech. Testování bylo provedeno se dvěma skupinami respondentů s různým programovým a technickým vybavením. Při analýze byl kladen větší důraz na statistickou analýzu a detailní porovnání s principy fyzické notace. Dalším přidaným prvkem je závěrečný dotazník pro respondenty. Rozdílem nejdůležitějším jsou ovšem možnosti aplikace výsledků této práce. Díky navázání kontaktů s českým autorem této komponenty a avizovaným aktualizacím má tato práce, subjektivně vyjádřeno, největší možnosti nebýt pouze teoretickým výstupem, ale stát se reálným podkladem k vylepšení grafické notace, které může být zpracováno např. v některé z dalších studentských prací.

8 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření hodnocení grafické notace GRASS GIS komponenty Graphical Modeler pro vizuální programování pomocí principů fyzické notace pro kognitivně efektivní notace podle Daniela Moodyho a praktického testování komponenty metodou eye-tracking. Byla vytvořena rešerše grafické notace, v níž jsou popsány používané symboly a jejich funkce. Grafická notace byla dále v textové podobě v kapitole 4 zhodnocena podle devíti používaných principů. Rozpory s principy jsou shrnuty a popsány v doporučeních na změnu notace a jsou uvedeny praktické příklady nedostatků a jejich možných odstranění.

Podle výsledků hodnocení a nalezených nedostatků byly vytvořeny návrhy diagramů pro provedení eye-tracking testování reflektující tyto nedostatky. Diagramy byly použity ve dvou eye-tracking experimentech ve verzích pro testování v laboratoři katedry geoinformatiky v programu SMI Experiment Center a s eye-trackerem SMI RED 250 a ve verzi pro testování s eye-trackerem Eye Tribe v programu OGAMA. Tyto experimenty obsahovaly 33 stimulů v částech bez otázek a s otázkami. Bylo otestováno celkem 26 respondentů z řad studentů UP a ČVUT seznámených s grafickou notací komponenty. Na výsledcích testování byla provedena identifikace fixací, statistická analýza a následně byly porovnány s principy fyzických notací. Součástí testování bylo i závěrečné vyplnění dotazníku s osmi otázkami. Výsledky práce jsou shrnuty v kapitole 6. Tato práce nabízí konstruktivní kritický pohled na GRASS GIS Graphical Modeler podložený provedeným eye-trackingem a může sloužit jako podklad při dalším návrhu grafické notace.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

DOBEŠOVÁ, Zdena. Visual programming language in geographic information systems. Recent Researches in Applied Informatics. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Applied Informatics and Computing Theory, AICT 11*, Prague WSEAS Press, 2011, s. 276 – 280. ISBN 978-1-61804-034-3

DOBEŠOVÁ, Zdena. Přehled grafických notací diagramů toků dat v GIS a metody hodnocení. In *Symposium GIS Ostrava 2015 – Sborník*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3677-5. ISSN 1213-239X.

GOODMAN, N. *Languages of Art: An Approach to a Theory of Symbols*. Bobbs-Merrill Co., Indianapolis, USA, 1968. ISBN 978-0915144341.

GRASS DEVELOPMENT TEAM. GRASS GIS [online]. 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z WWW: <<https://grass.osgeo.org/>>.

HOLMQUIST, K., M. NYSTRÖM, R. ANDERSSON, R. DEWHURST, J. HALSZKA a J. VAN DE WEIJER. *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press, 2011. ISBN 978-0-19-969708-3.

HRIC, Filip. *Hodnocení QGIS Processing Modeler podle principů fyzické notace* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2016-05-07]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/hric15/text/bp15_hric.pdf>.

JUST, M. A., CARPENTER, P. A. Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*. 1976, 8, 4, s. 441 – 480.

KUČERA, Michal: *Využití open-source nástrojů pro přípravu, průběh a vyhodnocení eye-tracking experimentů* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2016-05-07]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kucera14//soubory/bc_michal_kucera.pdf>.

KUDĚLKA, Václav. *Srovnání vizuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí*. Olomouc, [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2016-05-07]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/kudelka13//data/kudelka_bp.pdf>.

KUDĚLKA, Václav. *Hodnocení uživatelského rozhraní GIS produktů při řešení geoúloh pomocí eye-tracking testování* [online]. Olomouc, 2015 [cit. 2016-05-07]. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/kudelka15//data/kudelka_dp.pdf>.

LANDA, Martin. *Vektorová architektura systému GRASS GIS* [online]. Praha, 2013 [cit. 2016-05-07], s. 133. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze. Dostupné z WWW: <<http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dis/2013/martin-landa-dis-2013.pdf>>.

LANDA, Martin; FURKEVIČOVÁ, Ludmila. WxGUI Graphical Modeler. In *GRASS GIS Manual* [online]. 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://grass.osgeo.org/grass70/manuals/wxGUI.gmodeler.html>>.

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 “Physics” of Notations: A Scientific Approach to Designing Visual Notations in Software Engineering. In: *ICSE'10*, Cape Town, South Africa, 2010, s. 485 - 486.

OTEVŘELOVÁ, Adéla. *Eye tracking vyhodnocení salience a interaktivní práce ve vizuálních programovacích jazycích* [online]. Olomouc 2014 [cit. 2016-05-07]. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/otevrelova14//files/otevrelova_dp.pdf>.

POPELKA, Stanislav. *Hodnocení 3D vizualizací v GIS s využitím sledování pohybu očí*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 167 s. ISBN 978-80-244-4803-9.

POPELKA, Stanislav; ŠTRUBL Ondřej; BRYCHTOVÁ Alžběta. *Smi2Ogama* [online]. Univerzita Palackého v Olomouci, 2015 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://eyetracking.upol.cz/smi2ogama/>>

ŠIMONÍK, David. *Hodnocení grafické notace ArcGIS Diagrammer podle principů fyzických dimenzí* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2016-05-07]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <http://www.geoinformatics.upol.cz/dprace/bakalarske/simonik14//download/bp14_simonik.pdf>.

VOŠKÜHLER, Adrian. *OGAMA: open gaze and mouse analyzer* [online]. Berlín: Svobodná univerzita Berlín, 2015. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.ogama.net/>>.

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

WxGUI Graphical Modeler. *GRASS-Wiki* [online]. 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z WWW: <http://grasswiki.osgeo.org/wiki/WxGUI_Graphical_Modeler>.

ZIEGLEROVÁ, Jana. *Vyhodnocení Eye tracking testování vizuálních programovacích jazyků* [online]. Olomouc 2014 [cit. 2016-05-07]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z WWW: <http://geoinformatics.upol.cz/dprace/magisterske/zieglerova14/files/Zieglerova_DP.pdf>.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

Příloha 1 Návrhy diagramů použitých při eye-tracking testování

Volné přílohy

Příloha 2 Poster

Příloha 3 CD

Popis struktury CD

Adresáře:

Diagramy

Experiment_OGAMA

Experiment_SMI

Metadata

Přílohy

Raw_Data_CVUT_OGAMA

Raw_Data_UPOL_SMI

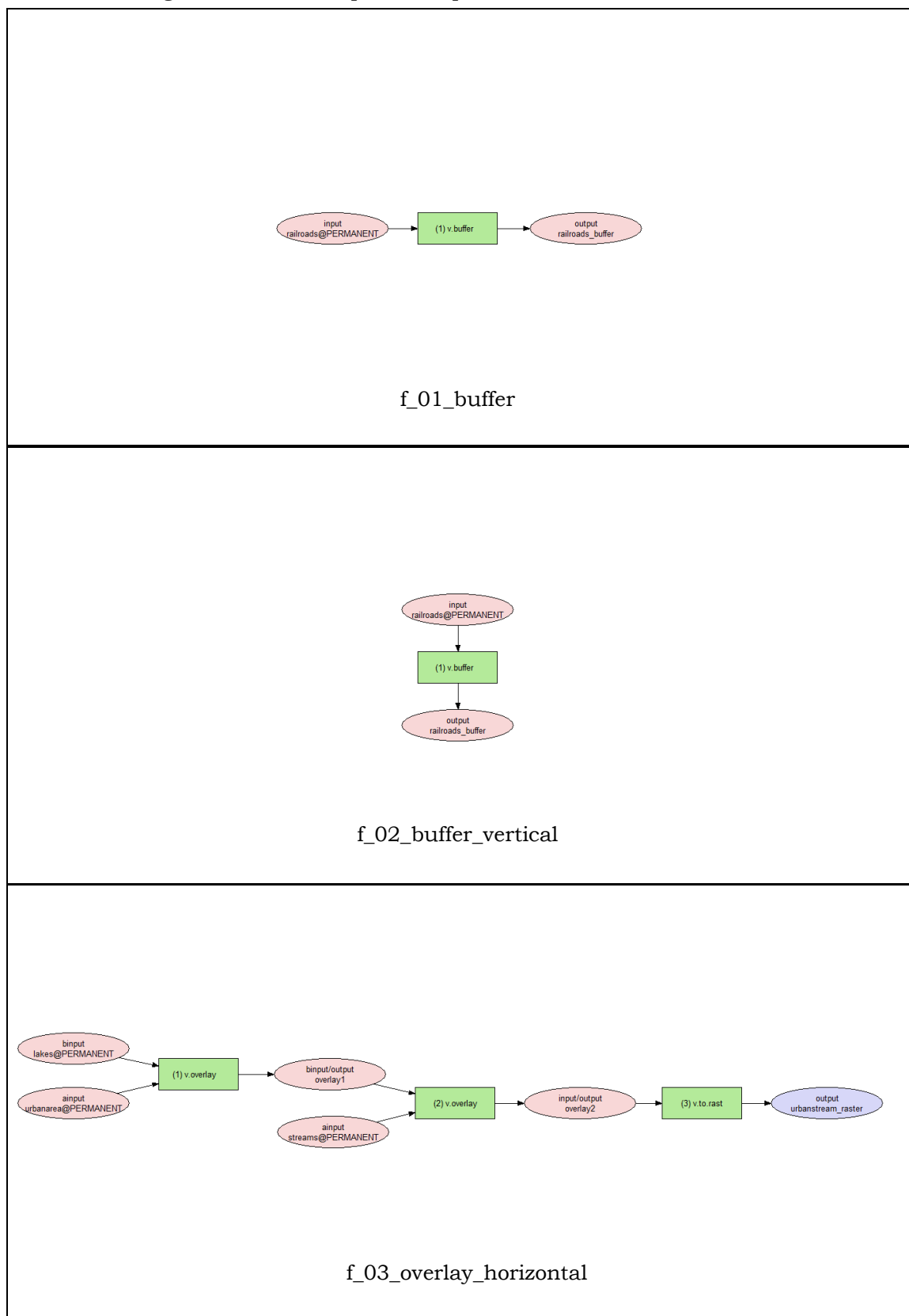
Text_Prace

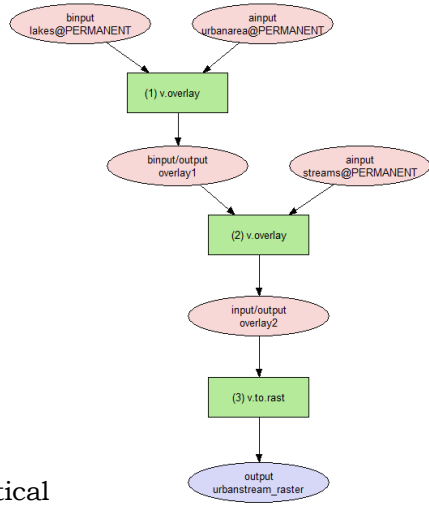
Web

Příloha 1

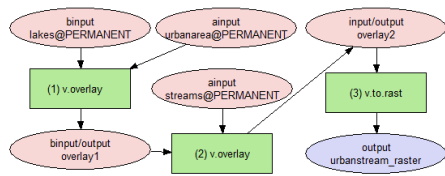
Návrhy diagramů použitých při eye-tracking testování

Tab. 1 Část diagramů bez otázek pro volné pozorování.

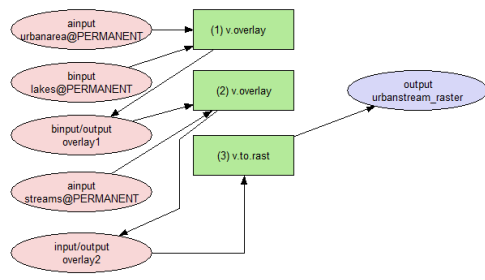




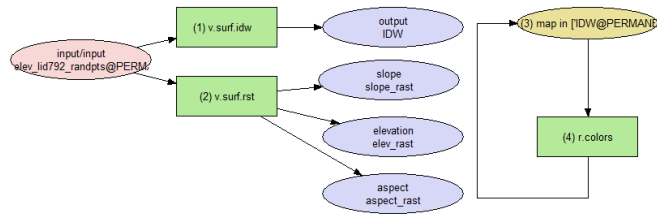
f_04_overlay_vertical



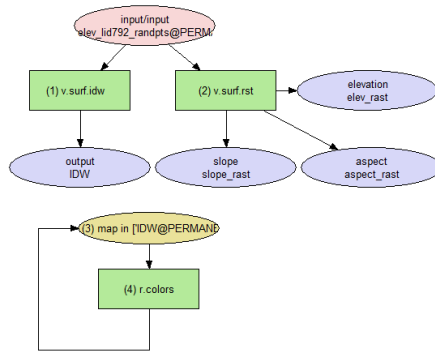
f_05_overlay_spaceefficient



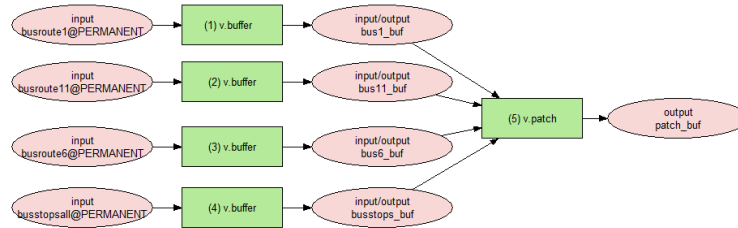
f_06_overlay_clusters



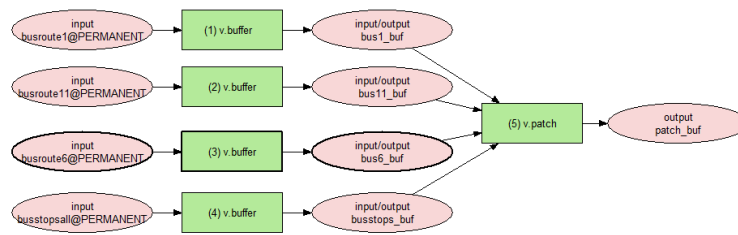
f_07_loop



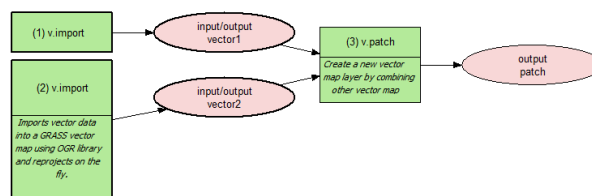
f_08_loop_vertical



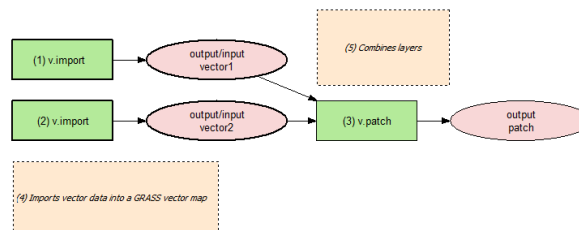
f_09_buffersPatch



f_10_buffersPatch_parametric



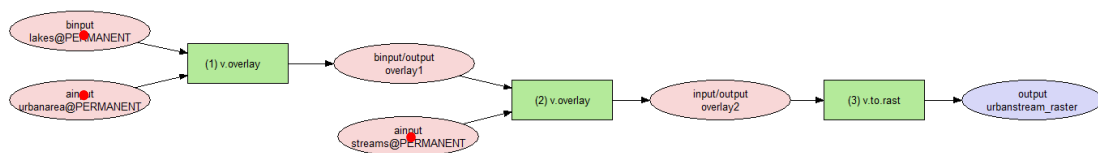
f_11_comments_commands



f_12_comments_discrete

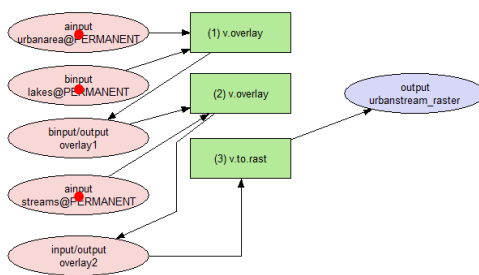
Tab. 2 Část diagramů s otázkami. Správné odpovědi jsou uvedeny v závorce, resp. označeny červeným bodem.

Otázka 1: Označte vstupní data do modelu.



q_01_overlay_horizontal

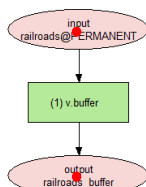
Otázka 2: Označte vstupní data do modelu.



q_02_overlay_clusters

Otázka 3, var. 1: Jsou vstupní data stejného datového typu jako výstupní data?
(ano)

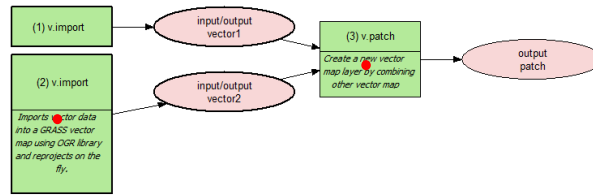
Otázka 3, var. 2: Označte vektorová data.



q_03_buffer_vertical

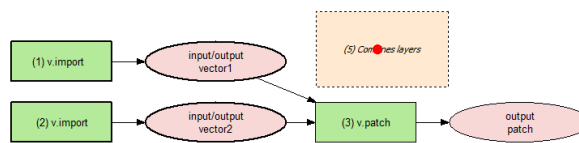
Otázka 4, var. 1: Kolik komentářů je v modelu? (2)

Otázka 4, var. 2: Označte komentáře.



q_04_comments_commands

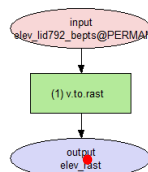
Otázka 5: Označte komentář.



q_05_comments_discrete

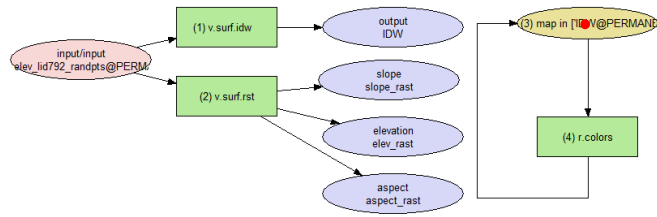
Otázka 6, var. 1: Jsou vstupní data stejného datového typu jako výstupní data? (ne)

Otázka 6, var. 2: Označte rastrová data.



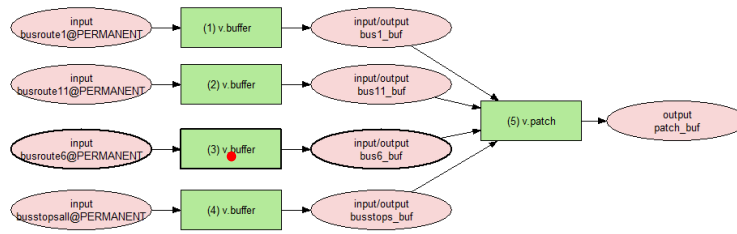
q_06_vtorast

Otázka 7: Označte cyklus.



q_07_loop

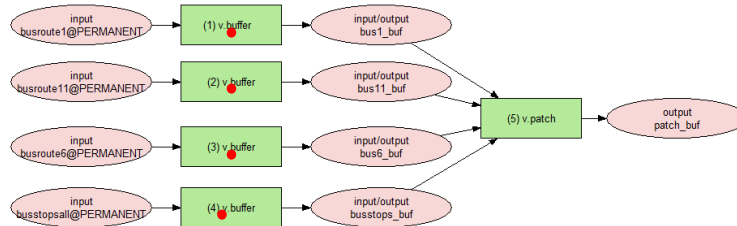
Otázka 8: Označte parametrické příkazy.



q_08_buffersPatch_parametric

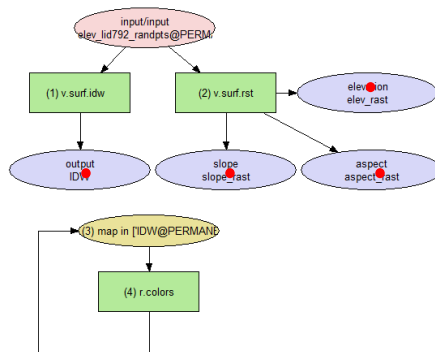
Otázka 9, var. 1: Označte shodné příkazy.

Otázka 9, var. 2: Označte příkazy v.buffer.



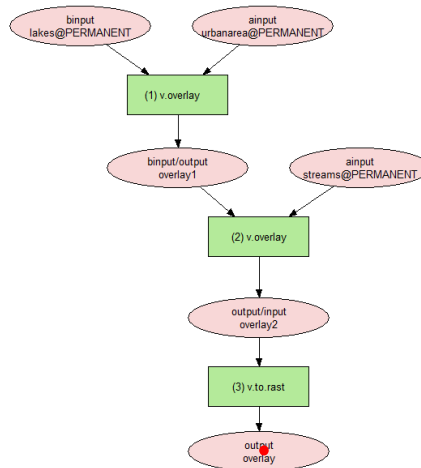
q_09_buffersPatch

Otázka 10: Označte výstupní data.



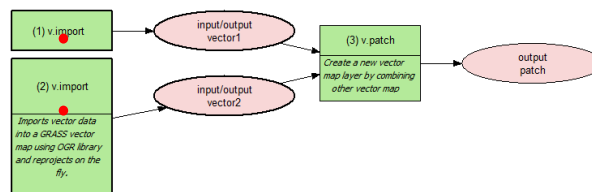
q_10_loop_vertical

Otázka 11, var. 1:
Jsou vstupní data stejného datového typu jako výstupní data? (ne)
Otázka 11, var. 2:
Označte rastrová data.



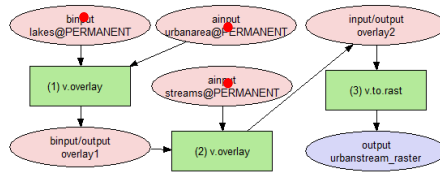
q_11_overlay_colourchange

Otázka 12, var. 1: Kolik parametrických příkazů je v modelu použito? (2)
Otázka 12, var. 2: Označte parametrické příkazy.



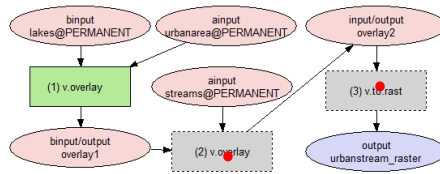
q_12_comments_commands

Otázka 13: Označte vstupní data do modelu.



q_13_overlay_spaceefficient

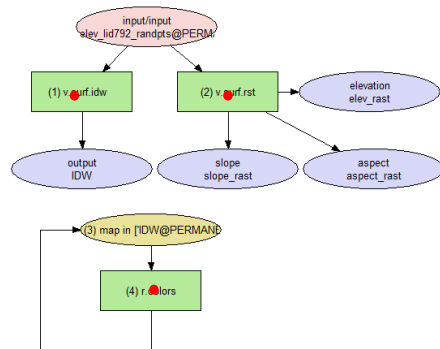
Otázka 14: Označte zakázané příkazy.



q_14_overlay_disabled

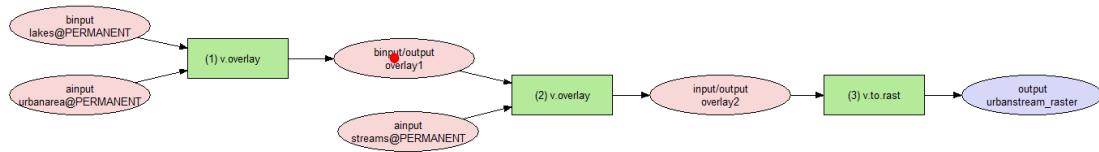
Otázka 15, var. 1: Kolik příkazů je v modelu použito? (3)

Otázka 15, var. 2: Označte příkazy.



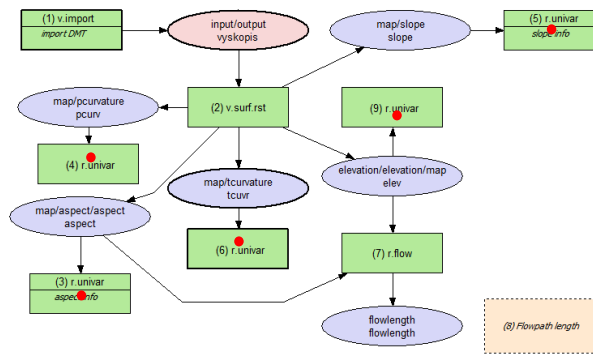
q_15_loop_vertical

Otázka 16, var. 1: Jakého datového typu je vrstva overlay1? (vektor)
 Otázka 16, var. 2: Označte vrstvu overlay1.



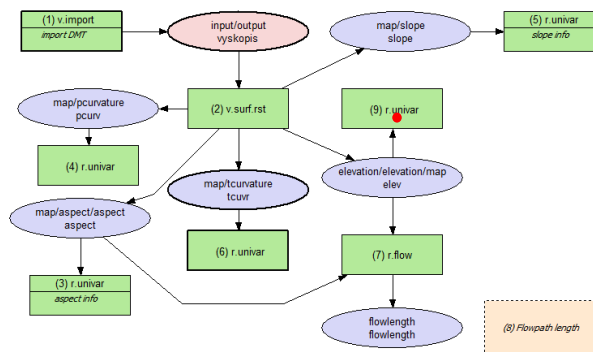
q_16_overlay_horizontal

Otázka 17: Označte příkazy r.univar.



q_17_univar

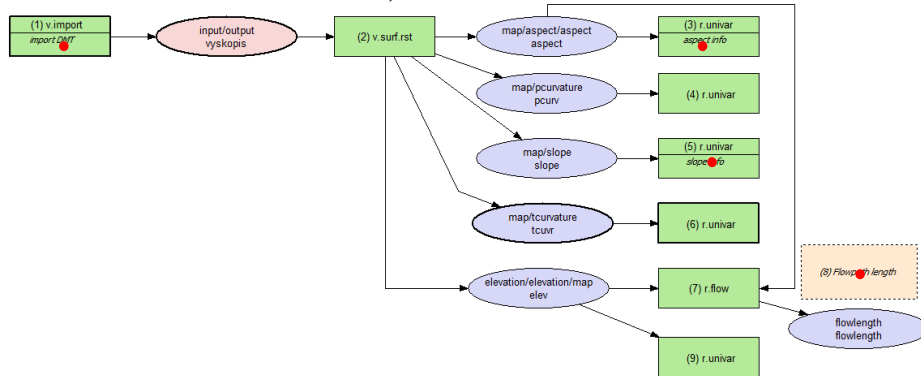
Otázka 18: Označte příkaz, který bude proveden po příkazu r.flow.



q_18_univar

Otázka 19, var. 1: Kolik komentářů je v modelu použito? (4)

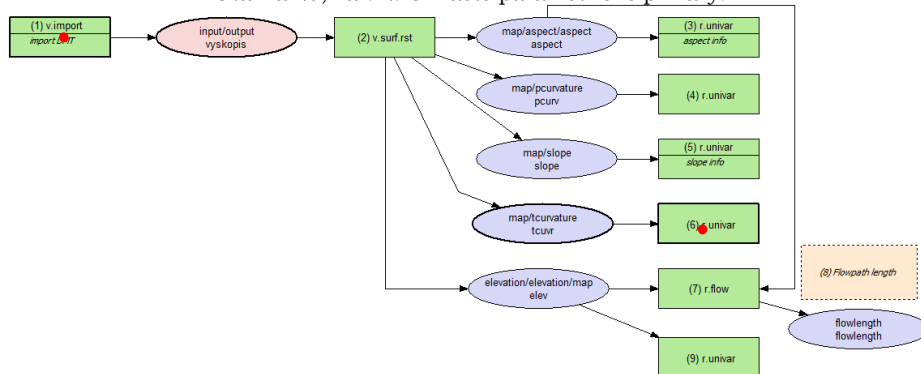
Otázka 19, var. 2: Označte komentáře.



q_19_univar_horizontal

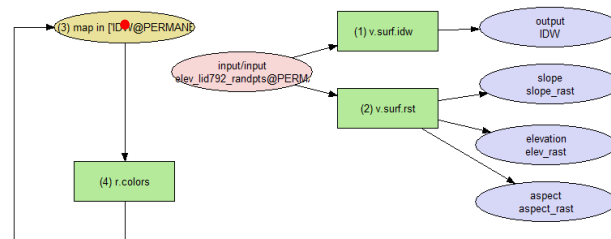
Otázka 20, var. 1: Kolik parametrických příkazů je v modelu použito? (2)

Otázka 20, var. 2: Označte parametrické příkazy.



q_20_univar_horizontal

Otázka 21: Označte cyklus.



q_21_loop_left