

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ

Ing. Zdena DOBEŠOVÁ, Ph.D.

**GRAFICKÁ NOTACE VIZUÁLNÍCH
PROGRAMOVACÍCH JAZYKŮ V GIS**

**GRAPHICAL NOTATION OF VISUAL
PROGRAMMING LANGUAGES IN GIS**

Teze habilitační práce

2017

Autor: **Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.**
Katedra geoinformatiky
Přírodovědecká fakulta
Univerzita Palackého v Olomouci
17. listopadu 50
771 46 Olomouc

Oponenti: **doc. Ing. Peter Fabián, PhD.**
Katedra matematických metód a operačnej analýzy
Fakulta riadenia a informatiky
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
Slovenská republika

prof. RNDr. PhDr. Antonín Slabý, CSc.
Katedra informatiky a kvantitativních metod
Fakulta informatiky a managementu
Univerzita Hradec Králové
Rokitanského 26
500 03 Hradec Králové

prof. Ing. Ján Tuček, CSc.
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Ul. T. G. Masaryka 2117/24
960 53 Zvolen
Slovenská republika

Teze habilitační práce byly předloženy dne 30. 11. 2016.
Termín obhajoby habilitační práce byl dne 12. 5. 2017 před Vědeckou radou
Fakulty ekonomicko-správní Univerzity Pardubice.

ISBN 978-80-7560-061-5
© Ing. Zdena Dobešová, Ph.D., 2017

Anotace

Vizuální programování je způsob, jak jednoduše navrhnout algoritmus zpracování dat grafickou formou. Pro každý vizuální programovací jazyk je důležitá jeho celková funkcionality a také použitý vizuální slovník (sada symbolů a spojovacích linií). Srozumitelnost workflow diagramů je ovlivněna jednak tvarem, barvou, ikonami jednotlivých symbolů, ale také jejich uspořádáním, či textovým popisem operací a dat. Vizuální slovník programovacího jazyka je důležitý z pohledu kognice workflow diagramů. Ke kognitivním pochodům dochází nejen při tvorbě nového workflow diagramu, ale také při opakovaném používání diagramu stejným nebo jiným uživatelem. Tato habilitační práce hodnotí z hlediska kognice workflow diagramů šest komponent vizuálních programovacích jazyků (VPL) různých desktop softwarů pro geografické informační systémy (GIS) a jeden produkt pro návrh geodatabází. Hodnocení grafické notace komponent pro VPL v GIS softwarech je založeno na principech teorie Physics of Notations. Výsledky hodnocení byly empiricky ověřeny testováním kognice diagramů v eye-tracking laboratoři Univerzity Palackého v Olomouci. Výsledky eye-tracking testování potvrdily, že přednosti a nedostatky grafické notace v sémiotické čistotě, perceptuální rozlišitelnosti, sémantické transparentnosti, vizuální expresivnosti a ekonomii grafiky mají vliv na kognici workflow diagramů. Přínosem práce je sada návrhů na změnu grafických notací, které vedou ke zvýšení kognitivně efektivní notace. Využitelná je i sada doporučení pro uživatele, která zvýší kvalitu workflow diagramů v praxi.

Klíčová slova

Vizuální programovací jazyk, GIS, workflow diagram, kognice, hodnocení, eye-tracking

Annotation

Visual programming is a straightforward method of designing data processing algorithms in a graphical form. For every visual programming language (VPL), both its functional capabilities, as well as the visual vocabulary used (set of symbols and line connectors) are important. The intelligibility of workflow diagrams is influenced partly by the shape, colour, icon of the individual symbols and partly by their configuration, and by the text, such as the names of operations and data. The visual vocabulary is important from the cognition point of view not only while designing a new workflow diagram, but also during repetitive use of the diagram by its author or by another user. This thesis evaluates cognition of workflow diagrams for six components of visual programming languages from desktop GIS software products and one entity relation modeller for geodatabase design. The assessment of the GIS VPL graphical notation is based on the principles of the Physics of Notations theory. The results of the assessment were empirically verified by cognition testing in the eye-tracking laboratory at Palacký University in Olomouc. The results of eye-tracking measurements verified that the graphical notation strengths and insufficiencies in semiotic clarity, perceptual discriminability, semantic transparency, visual expressivity and graphic economy have a significant influence on cognition of workflow diagrams. The contribution of this thesis is a set of suggestions for graphical notation improvements, whose application increases cognition. Moreover, a set of recommendations for users that increases the quality of workflow diagrams in geoinformatic practice is proposed.

Keywords

Visual programming language, GIS, workflow diagram, cognition, evaluation, eye-tracking

Obsah

Úvod	5
1. Cíle práce.....	7
2. Použité metody a postup zpracování.....	8
2.1. Použité metody	8
2.2. Postup zpracování.....	9
3. Teorie Physics of Notations	13
4. Eye-tracking testování.....	15
5. Výsledky	17
5.1. Doporučení na změny stávajících grafických notací	18
5.2. Koncepční návrh notace VPL pro GIS	19
5.3. Doporučení uživatelům pro tvorbu workflow diagramů.....	21
5.4. Způsoby čtení a zpracování workflow diagramů	25
6. Závěr.....	27
7. Výběr z použité literatury a literárních zdrojů.....	29
8. Publikace autorky ve vztahu k řešené problematice.....	32

Seznam použitých zkratk

AOI	Area Of Interest, oblast zájmu
BPMN	Business Process Modeling Notation, notace modelování podnikových procesů
ČVUT	České vysoké učení technické
DFD	Data Flow Diagram, diagram datových toků
ER, ERD	Entity Relationship Diagram, entitně relační diagram
GQM	Goal-Question-Metric metoda
GIS	Geographical Information System, geografický informační systém
GIT	Geoinformační technologie
HCI	Human-Computer Interaction, interakce člověk-počítač
IT	Information Technology, informační technologie
PřF UP	Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého
REST	Representational State Transfer
SE, SI	Software engineering, softwarové inženýrství
SMI	SenzoMotoric Instruments
TEPR	Task Evoke Pupillary Response
UML	Unified Modeling Language
VPL	Visual Programming Language

Úvod

Programy lze realizovat buď jako programy v textových programovacích jazycích nebo jako grafické programy (diagramy) ve vizuálních programovacích jazycích. Grafické editory pro návrh jednotlivých kroků zpracování jsou dnes běžnou součástí geografických informačních systémů. Tyto editory lze zařadit do skupiny vizuálních programovacích jazyků (VPL). Jednoduchost používání a způsob tvorby programů grafickou formou nabízí možnost sestavovat postupy i specialistům mimo obor informatika a geoinformatika, jako jsou například urbanisté, odborníci na životní prostředí, geodeti anebo správci inženýrských sítí. Ve všech těchto oblastech a řadě dalších se právě geografické informační systémy využívají.

Geografické informační systémy (GIS) slouží k pořizování, analýze a vizualizaci prostorových dat. Jednotlivé operace lze provádět samostatně v interaktivním režimu za použití jednotlivých funkcí GIS programu. V případě, že je třeba více kroků zpracování, je lepší postup práce automatizovat pomocí programů. Postup zpracování – algoritmus – se pak realizuje jako sled jednotlivých operací. Programy je výhodné sestavit pro úlohy, které se provádí opakovaně pro různá prostorová data nebo pro stejná data z různých časových období pro stejné území. Zde se projeví výhoda opakovaného použití již dříve hotových programů.

Grafické vyjadřování formou diagramů a schémat patří k velice hojně využívaným prostředkům v softwarovém inženýrství (SI). Mezi první předchůdce lze zařadit Goldstinův a von Neumannův diagram toků (flow chart) z roku 1947 [21]. Dnes se používá v softwarovém inženýrství grafické vyjadřování v podobě UML jazyka, který je definován jako vizuální jazyk pro vizualizaci, specifikaci, navrhování a dokumentaci softwarových systémů [33]. Grafické vyjadřování se používá na všech fázích softwarového inženýrství od sběru požadavků až po fázi údržby. Vizuální notace má nezastupitelnou roli v komunikaci mezi uživateli a zákazníky z toho důvodu, že grafické předávání informací je mnohem efektivnější než psaný text [2].

Problematika VPL spadá do oblasti softwarového inženýrství, jehož cílem je návrh, tvorba a údržba počítačových programů. Softwarové inženýrství, tak jako další inženýrské obory, řeší především spolehlivost programů a cenu za všechny fáze od návrhu, přes tvorbu a údržbu. Vzhledem k tomu, že práce ve VPL je velice intuitivní a rychlá, tak čas spotřebovaný na návrh a tvorbu programu je kratší než čas nutný pro práci v textovém programovacím jazyce. Doba nutná na tvorbu a údržbu je nicméně ovlivněna i úrovní splnění požadavků na kognitivně efektivní notaci. Vynakládaný čas pak se neúměrně prodlužuje při nízké úrovni efektivnosti notace z pohledu požadavků na kognici.

Mezi dvě historicky nejpoužívanější grafické notace patří diagramy datových toků DFD (data flow diagram) a ER (entitně relační) modely databázi. Obě notace byly vyvinuty v 70. letech 20. století a patří mezi nejpoužívanější notace v praxi. Praxe hojně využívá také diagramy pracovních postupů (workflow diagramy) [5]. To je také důvodem, proč se prezentovaná habilitační práce zabývá sedmi různými workflow diagramy v geografických informačních systémech. Kromě workflow diagramů je proveden popis, hodnocení a testování grafické notace pro tvorbu entitně relačních diagramů sloužící k návrhu struktury Esri geodatabáze.

Při popisu vizuálních programovacích jazyků je kladen v jejich dokumentaci důraz na popis, co jednotlivé grafické symboly představují, jak se používají a jak se sestavuje vlastní workflow, či ER diagram. Velice málo jsou dokumentovány racionální důvody, proč a jak

byly zvoleny pro grafickou notaci barvy a tvary grafických elementů, jak byly voleny vnitřní ikony nebo typ spojovacích čar. Podoba grafické notace má však velký vliv na snadné a rychlé porozumění (tj. kognici) diagramů.

Téma habilitační práce je aktuální, neboť vizuální programovací jazyky jsou v GIS hojně využívány a hodnocení kognice grafické notace pro GIS produkty nebylo dosud detailně zpracováno. Hodnocení grafických notací v IT se v současnosti zejména soustředí na jazyk UML, notaci modelování podnikových procesů, notaci grafických prostředí pro výuku programování, notaci návrhu aplikací pro mobilní zařízení a další. Těto oblasti se věnuje každoročně mezinárodní Symposium on *Visual Languages and Human-Centric Computing* a několik časopisů, jako je *Journal of Visual Languages and Computing*, *International Journal of Human Computer Studies*, *Cognitive Computation* a další. Oblast grafické notace pro GIS byla zatím opomíjena a nikdo se jí dosud nevěnoval. To je důvodem, proč se tímto tématem zabývá tato habilitační práce.

V habilitační práci jsou promítnuty autorčiny zkušenosti s více než desetiletou výukou vizuálních programovacích jazyků v předmětech bakalářského studijního oboru Geoinformatika a geografie a v magisterském studijním oboru Geoinformatika na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Požadavek na kognitivně efektivní notaci má také nesporný význam ve fázi výuky studentů, kdy je osvojován nový vizuální programovací jazyk. Jeho kvalita má vliv na rychlost a správnost učení VPL. Studenti patří mezi začátečníky při zahájení výuky VPL a výzkumy potvrzují [40, 45], stejně tak jako osobní zkušenost autorky, že na začátečníky je vliv kvality notace a uspořádání diagramu mnohem vyšší než na zkušené uživatele. Následně má úroveň kognitivně efektivní notace vliv na tvorbu praktických aplikací a znovu používání existujících programů v praxi.

Nejdéle používaným a vyučovaným jazykem na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci je komponenta ModelBuilder pro software ArcGIS for Desktop. Dále se poměrně dlouhou dobu používají grafické komponenty pro software IDRISI a ERDAS. Mezi nověji používané se řadí Workflow Designer pro Autodesk Map 3D (dostupný od roku 2009), Processing Modeler pro QGIS (od roku 2014) a Graphical Modeler pro GRASS GIS (od roku 2015). V rámci výuky databázových systémů se studenti seznamují se softwarem ArcGIS Diagrammer (od roku 2010) pro modelování geodatabáze.

Studenti výše zmíněných oborů byli nejčastějšími respondenty v rámci eye-tracking testování. Sledování jejich praktické práce a naměřená data v eye-tracking laboratorii byla přínosná pro formulaci výsledků práce a sady doporučení. Výsledky práce lze uplatnit jak v další výuce studentů, tak při práci uživatelů v běžné praxi.

Průběžné výsledky výzkumu vizuálních programovacích jazyků pro GIS byly publikovány od roku 2011 na konferencích a v časopisech [7]. Jeden z prvních příspěvků byl právě na sympoziu Visual Languages and Human-Centric Computing v Innsbrucku [14]. Další příspěvky byly prezentovány na odborných geoinformatických konferencích v zahraničí i České republice [8, 10, 11, 14, 19, 29]. Nebyly opomenuty ani konference zabývající se IT [6, 9, 15, 16]. Zkušenosti z výuky VPL byly prezentovány na pedagogicky zaměřených konferencích [12, 17]. Recenze oponentů a reakce posluchačů vždy přinesly podněty pro další výzkum.

1. Cíle práce

Předkládaná habilitační práce tematicky spadá do oblasti HCI (Human-Computer Interaction) a softwarového inženýrství (SI). Zabývá se výzkumem a hodnocením grafické notace vizuálních programovacích jazyků pro geografické informační systémy.

Cílem práce je zjistit úroveň grafické notace vizuálních programovacích jazyků v GIS z hlediska kognice workflow diagramů.

Hlavní výzkumná otázka zní: „Jak splňují grafické notace vizuálních programovacích jazyků v GIS požadavky na kognitivně efektivní notaci?“

Pro hodnocení úrovně grafické notace z hlediska kognice je využita teorie fyzických notací – Physics of Notations, jejichž autorem je Daniel Moody [30, 31]. **Kognitivně efektivní notace** je chápána jako srozumitelné znázornění postupu zpracování úlohy ve vizuálním programovacím jazyce tak, aby čtení, chápání, zpracování a zapamatování informací znázorněných v diagramu bylo co nejrychlejší a bezchybné [18, 32]. Hodnocení je doplněno a ověřeno pomocí testování sledování pohybu očí (eye-tracking) při laboratorním měření respondentů.

Řešení práce je jedinečné z pohledu aplikace hodnocení na grafickou notaci v GIS a také nasazením dvou výzkumných metod, a to Physics of Notations a sledování pohybu očí (eye-tracking). Metoda Physics of Notations je ověřenou a často používanou metodou hodnocení grafických notací. Nasazení eye-tracking testování v oblasti workflow diagramů patří mezi ojedinělé. Eye-tracking experimenty se využívají řadu let v psychologických studiích, lékařství, marketingu, pro testování čtení, kartografii a studiích použitelnosti. Kombinace metod Physics of Notations a eye-tracking přinesla jedinečné poznatky a vzájemné doplnění a ověření dosažených výsledků.

Téma práce odpovídá i na dílčí výzkumné otázky. Například:

- Jaké jsou možnosti zlepšení stávajících grafických notací VPL z hlediska kognice?
- Jak optimálně sestavit eye-tracking experiment pro testování workflow diagramů?
- Jaké vhodné statistické a vizuální analýzy vybrat pro analýzu naměřených dat z eye-tracking testování?
- Jak uživatelé čtou diagramy?
- Jak využít ve výuce studentů vizuální programování při přechodu k textovému programování?

Výsledky habilitační práce jsou přínosné pro tvůrce grafických notací vizuálních programovacích jazyků v GIS. Výsledný koncepční návrh vlastností je možné použít pro vznik nové grafické notace. Přínosná je také výsledná sada doporučení pro tvorbu workflow diagramů, kterou využijí studenti a uživatelé v praxi při praktické práci.

2. Použité metody a postup zpracování

Pro zpracování habilitační práce byly zvoleny metody a postupy odpovídající problematice a cílům práce. Jednalo se o metody kvalitativní, kvantitativní i empirické.

2.1. Použité metody

V rámci kvalitativního výzkumu byla vybrána pro hodnocení VPL vědecká metoda **Physics of Notations**. Návrh této metody provedl D. Moody z Univerzity v Twente v Holandsku v roce 2009 [31]. Svou metodu prezentuje jako alternativu ke kritizované starší metodě kognitivních dimenzí od skupiny kolem T. Greena, M. Petre a A. Blackwela z Univerzity v Cambridge [3, 22]. Tato starší metoda byla při zpracování hodnocení také částečně aplikována, a to jako první přístup k problematice vizuálních programovacích jazyků v GIS.

Metoda Physics of Notations je postavena na devíti principech. Každý princip má svou definici a slovní vysvětlení [31]. Podle jednotlivých principů lze grafickou notaci hodnotit. Navíc jsou principy vodítkem, jak zlepšit grafickou notaci, aby se zvýšila její kognitivní efektivnost. Hodnocení se provádí slovně ve smyslu, do jaké míry je daný princip splněn. Tato metoda je použitelná jak pro hodnocení již existující notace tak ve fázi návrhu úplně nové grafické notace v jakékoli oblasti IT.

Pro kvantitativní empirický výzkum byla zvolena metoda **eye-tracking měření**. Záznam sledování pohybu očí umožní zjistit vnímání a kognici stimulu. Zobrazovaný stimulus na monitoru při eye-tracking měření může být obrázek, fotografie, mapa nebo webové stránky. V tomto případě byly respondentům zobrazovány workflow diagramy. Respondenti při testování plnili různé úkoly nad workflow diagramy. Eye-tracking jako objektivní metoda přináší měřitelné výsledky při testování skupiny respondentů. Zde byl například měřen čas řešení úkolů, místa fixací očí a délka pohybu očí nad stimulem. Zaznamenávány byly také odpovědi respondentů ve formě kliků myši nad stimulem nebo do dotazníku. Software pro eye-tracking poskytuje řadu algoritmů pro zpracování primárních dat do formy klasifikovaných a agregovaných dat. Analýza záznamů pohybů očí byla provedena vizuálním způsobem i statistickým zpracováním naměřených dat. Statistické zpracování výsledků ve spojení s vizuální analýzou přináší jak základní deskripci kognice diagramů tak nová dříve nepředpokládaná zjištění. Nasazení metody eye-tracking přineslo objektivní výsledky a rozšiřující pohled na kognici diagramů. Naměřená data z testů byla porovnávána s teoreticky spočítanou salinci diagramů [26, 27], zda odpovídá upoutaná pozornost teoreticky predikované salinci.

Po eye-tracking testování byla aplikována **metoda rozhovoru s respondenty**. Respondenti bezprostředně reagovali na proběhlý test a vyjádřili se k obtížnosti jednotlivých úkolů, srozumitelnosti úkolů, vlastnostem notace nebo k preferované orientaci diagramů. Metoda rozhovoru byla vedena převážně volnou rozpravou a v případě testu pro GRASS GIS Graphical Modeler respondenti odpovídali na sadu otázek volbou z možných odpovědí.

Nasazení metody Physics of Notations a metody eye-tracking lze chápat jako vzájemnou **triangulaci metod**. Pojmem triangulace se rozumí kombinace různých metod, různých výzkumníků, různých skupin osob, rozdílných lokálních a časových okolností, které se uplatňují při zkoumání určitého jevu. Metoda triangulace se používá pro validaci výsledků.

Používá se triangulace datová, triangulace výzkumníků nebo metodologická triangulace, kdy jsou nasazeny dvě nebo více metod [23]. V habilitační práci byla použita metodologická triangulace. Nasazení dvou metod umožnilo vzájemné potvrzení výsledků a přineslo i další individuální poznatky, jako jsou návrhy na vylepšení notace podle metody Physics of Notations nebo zjištění vzorů čtení z eye-tracking testování.

Oblast zkoumání v habilitační práci spadá do interdisciplinárního oboru Human-Computer Interaction (HCI), který se zabývá problematikou interakce a komunikace mezi člověkem a počítačem. Informační věda se zaměřuje v HCI na design, tvorbu a testování použitelnosti informačních systémů a jejich rozhraní tak, aby byly co nejjednodušší a nejintuitivnější pro specificky definovanou skupinu uživatelů, v tomto případě uživatelů GIS. HCI zkoumá také vnímání, chování a informační potřeby koncového uživatele (tzv. user-centered design) [4]. Proto byly výsledky z eye-tracking testování podrobeny zkoumání v souvislosti s psychologickou teorií o druzích **vícenásobné inteligence**.

Jako dílčí cíl habilitační práce byla zkoumána souvislost rychlosti čtení s matematickou, vizuální či textovou inteligencí. Pro zkoumání byl využit dotazník „Multiple Intelligences Test“ [25] navržený podle modelu psychologa H. Gardnera [20], který rozeznává sedm základních druhů inteligence. Respondenti, kteří se zúčastnili eye-tracking testování, vyplňovali také tento dotazník.

2.2. Postup zpracování

Při zpracování habilitační práce byly stanoveny hlavní kroky, při kterých byly zpracovány některé dílčí kroky. Pro řešení práce byl aplikován tento navržený postup:

1. Definice cíle habilitační práce, rešerše a výběr GIS softwarů

Základní cílem práce bylo zjistit úroveň grafické notace vizuálních programovacích jazyků v GIS z hlediska kognice workflow diagramů. Výzkumná otázka hledala odpověď na to, jak splňují grafické notace vizuálních programovacích jazyků v desktop GIS softwarech požadavky na kognitivně efektivní notaci. Po stanovení cíle práce a stanovení základní výzkumné otázky následovala rešerše literatury a internetových zdrojů.

Pro výzkum a hodnocení bylo vybráno sedm vizuálních programovacích jazyků ze šesti různých GIS softwarů a jeden modelovací software pro návrh Esri geodatabáze. Výběr byl ovlivněn používáním, znalostí a dostupností softwarů na Katedře geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého (PřF UP) v Olomouci. Prezentované software patří mezi nejrozšířenější jak v akademické, tak běžné praxi. Byly vybrány komerční i zdarma dostupné software. Přehled GIS softwarů a jejich VPL komponent je v Tab. 1. Uvedené verze odpovídají verzím, které byly aktuálně testované v eye-tracking testech, které probíhaly od roku 2014 a pokračovaly až do roku 2016.

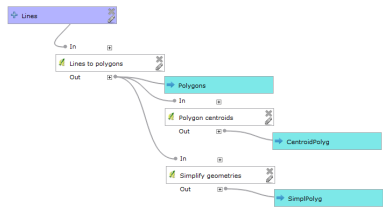
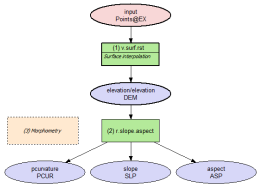
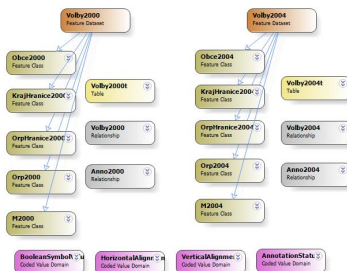
2. Hodnocení podle teorie Physics of Notations

Následovala komplexní aplikace devíti principů metody Physics of Notations na hodnocení šesti grafických notací v jednotlivých VPL, která bylo hlavní částí habilitačního výzkumu. Principy se aplikovaly také na grafickou notaci pro návrh ER modelu Esri geodatabáze. Zjištění získané hodnocením byla zdokumentována detailním popisem splnění či nesplnění jednotlivých principů. Při nalezení nedostatků byl sestaven teoretický návrh na zlepšení grafického slovníku, který by vedl ke zvýšení kognitivní efektivity notací.

Tab. 1 Přehled VPL komponent a ukázek workflow diagramů

GIS software	Název komponenty	Ukázkový workflow diagram (model)
Erdas Imagine 2013	Model Maker	
	Spatial Model Editor	
IDRISI 17.0 Selva	Macro Modeler	
ArcGIS for Desktop 10.3	ModelBuilder	
AutoCAD Map 3D 2014	Workflow Designer	

Tab. 1 – pokračování

GIS software	Název komponenty	Ukázkový workflow diagram (model)
QGIS 2.6 Brighton	Processing Modeler	
GRASS GIS 7.0.3	Graphical Modeler	
ArcGIS	ArcGIS Diagrammer	

3. Eye-tracking testování

Pro eye-tracking testování byl zajištěn dostatečný počet respondentů s praktickou zkušeností tvorby workflow diagramů ve vizuálních programovacích jazycích, a to z řad studentů geoinformatiky na PřF UP. Práce s komponentou ModelBuilder je předmětem každoroční výuky studentů ve druhém ročníku bakalářského studia Geoinformatika a geografie v předmětu KGI/PRG2 Programování 2. Výuka je podpořena kurzem v e-learning portálu katedry [30]. Práce s komponentou Workflow Designer je součástí základní výuky předmětu KGI/CAD v prvním ročníku magisterského studia Geoinformatika. Výuka dalších vizuálních programovacích jazyků byla zařazena jednorázově, či opakovaně dle potřeby do předmětů jako KGI/DPZ Dálkový průzkum Země, či KGI/DAMIN Data mining. Výuka programu ArcGIS Diagrammer probíhá každoročně v předmětu KGI/DATAS Databázové systémy ve druhém ročníku bakalářského studia. Zabezpečení dostatečného počtu respondentů s dostatečnými znalostmi představovalo dlouhodobý úkol. Testování tak probíhalo postupně v průběhu více než tří let. Pro některé jazyky se testování opakovalo v ročních intervalech s novými respondenty. Pro ModelBuilder byly testovány dvě verze experimentu.

Tvorba experimentů pro eye-tracking testování spočívala v sestavení různých diagramů a souvisejících kognitivních úkolů a otázek. Experiment obsahoval v první části zobrazování sledu diagramů bez úkolů, které by museli respondenti plnit (tzv. free-viewing, volné prohlížení). V druhé části testu se zobrazovaly diagramy, nad kterými respondenti plnili různé úkoly. Nejčastěji se jednalo o úkol označení hledaného symbolu v diagramu (klik myši). Druhá část obsahovala 12 až 25 testovaných diagramů s úkoly v pevném (starší testy z roku 2014) nebo náhodném řazení (novější testy), aby se zamezilo efektu učení.

Po eye-tracking testování byl všem respondentům zadán k vyplnění dotazník pro zjištění vícenásobné inteligence. Všechna naměřená eye-tracking data i výsledky dotazníků byly před dalším zpracováním anonymizovány.

4. Vizuální a statistické analýzy dat eye-tracking měření

Po naměření dat v eye-tracking laboratoři bylo provedeno jejich vyhodnocení. Pro vyhodnocení byla nejprve použita vizuální analýza ve formě attention map (mapa pozornosti), které zobrazují místa s nejvyšší pozorností uživatelů. Dále byly zkoumány trajektorie směrů pohledů jednotlivých respondentů (scanpath). Pro více respondentů se trajektorie zkoumaly v agregované formě metodou flow map [1]. Flow mapy znázorňují převládající směry prohlížení workflow diagramů respondenty. Výstupy měření obsahují údaje jako celkový čas plnění úkolu, počty fixací oka, časové délky fixací, délky a počty sakád (pohybů očí), frekvence fixací a frekvence sakád za sekundu. Statistická analýza těchto dat umožnila porovnat rychlost a správnost nalezení různých symbolů v diagramu. Další statistickou analýzou bylo zjišťování souvislostí s druhy vícenásobné inteligence respondentů.

V rámci eye-tracking testování byla zkoumána i salience diagramů. Salience je jev, kdy výrazně barevné nebo výrazně významově odlišné objekty ve workflow diagramu přitáhnou respondentovu pozornost. Salience spočítaná modulem v softwaru OGAMA byla vizuálně porovnávána s naměřenými attention mapami.

5. Sada doporučení pro tvorbu diagramů VPL a formulace výsledků

Díky zpracovanému hodnocení a poznatkům z testování byla sestavena sada doporučení pro koncové uživatele. Ti mohou již při sestavování konkrétních programů díky dodržení sady doporučení zvýšit čitelnost a srozumitelnost programů. Sada doporučení směřuje ke zvýšení efektivní kognice diagramů při jejich praktické tvorbě.

Mezi dílčí výstupy patří i ukázka příkladů, které lze využít ve výuce vizuální programování pro následnou výuku textového programování u začínajících programátorů. Příklady modelů z ModelBuilder a konvertované skripty do jazyka Python to názorně ukazují.

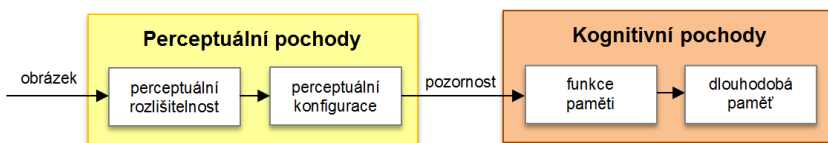
Vyvrcholením práce je porovnání a spojení výsledků získaných z aplikace metody Physics of Notations a výsledků z eye-tracking testování. Syntéza výsledků vyústila v koncepční návrh vlastností grafické notace pro GIS, která splňuje požadavky dle teorie Physics of Notations. Při zaznamenání výstupů byl také zpracován návrh na vhodnou strukturu experimentu a návrh vhodných stimulů pro testování sledování pohybu očí ve výzkumu kognice workflow diagramů. Dále byly popsány typické způsoby čtení a zpracování workflow diagramů respondenty.

3. Teorie Physics of Notations

Důležitým pojmem pro hodnocení VPL je pojem kognice. **Kognice** je duševní činnost nebo proces porozumění a získávání znalostí prostřednictvím myšlenek, zkušeností a smyslů [34]. Oblast Human Computer Interaction si všímá člověka a jeho kognitivních pochodů. Mezi **kognitivní pochody** se řadí přemýšlení, učení, zapamatování, usuzování, rozhodování, čtení, mluvení a psaní [38]. Kognitivní věda tedy zkoumá lidskou mysl, její strukturu a procesy v ní. Kognitivní psychologie chápe lidskou psychiku jako systém zpracování a využívání informací [35].

V roce 2009 vystupuje Dr. Daniel Moody s velkou kritikou Cognitive Dimensions [30] a nabízí koncepci hodnocení podle své nově navržené teorie Physics of Notations [31]. Tato vědecká teorie je založena na devíti základních principech a soustřeďuje se pouze na grafické notace v programových produktech. Tuto teorii lze buď aplikovat na již existující grafickou notaci, nebo může posloužit jako vodítko při tvorbě nově vznikající notace. Cílem je, aby vznikla **kognitivně efektivní** grafická notace. To znamená, že notace je optimalizovaná pro komunikaci mezi lidmi a pro zpracování lidským mozkem.

Lidské vnímání a zpracování grafických informací je rozděleno na dvě části (Obr. 1), a to **perceptuální zpracování** (vidění, vjem) a **kognitivní zpracování** (porozumění). Perceptuální pochody jsou automatické, velmi rychlé, a v mnoha případech probíhají souběžně. Kdežto kognitivní pochody probíhají při vědomém ovládní pozornosti a jsou relativně pomalé, namáhavé a dějí se po částech. Teorie Physics of Notations je právě zaměřena na fyzické (perceptuální) vlastnosti notace a následnou kognici. Autor poukazuje na to, že v dokumentacích vizuálních programů je často pouze popisována syntaxe a sémantika jazyka, nikoliv však důvody a konvence, které vedly k volbě jednotlivých vizuálních symbolů. Vizuální notace je zanedbávanou tématikou.



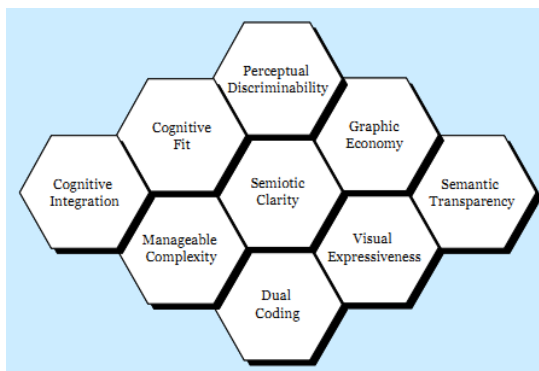
Obr. 1 Model lidské percepce a kognice grafických informací [31]

Teorie Physics of Notations je koncipována jako systém principů, které definují požadavky, které mají být splněny za účelem kognitivně efektivní notace. Principy jsou vybudovány tak, že středový princip Semiotic Clarity (sémiotická čistota) je základním a výchozím principem pro další hodnocení podle sousedících principů (Obr. 2). Principy spolu souvisí tak, jak naznačují hrany plástve. Čím vzdálenější princip je, tím se jedná o pokročilejší vlastnost. Systém principů není uzavřen a díky plástvovému uspořádání jej lze dále rozšiřovat.

Principy jsou syntézou empirických poznatků z řady oborů, jako je komunikace, sémiotika, grafický design, vizuální percepce, psychofyzika, kognitivní psychologie, vzdělávání, lingvistika, informační systémy, kartografie a diagramové usuzování a HCI [32].

V současné době tato teorie stanovuje devět hodnotících principů:

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



Obr. 2 Teorie Physics of Notations: Principy pro návrh kognitivně efektivních vizuálních notací [32]

4. Eye-tracking testování

Katedra geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci disponuje eye-tracking laboratoří pro snímání pohybu očí. Od roku 2014 se postupně provádělo testování workflow diagramů pro GIS. Při eye-tracking experimentech se testovaly statické stimuly – diagramy pro všechny vizuální programovací jazyky a databázový modelovací nástroj.

Eye-tracking laboratoř pro testování je vybavena snímačem (eye-tracker) SMI RED 250 od firmy SensoMotoric Instruments (SMI) z Berlína v Německu. Laboratoř má dvě pracovní místa. Jedno je pro testovanou osobu – respondenta, druhé místo je pro operátora, který vede experiment (Obr. 6.1). Snímač SMI RED 250 patří mezi bezkontaktní zařízení pro snímání pohybu očí a je umístěn pod monitorem testované osoby. Velikost použitého monitoru byla 1920x1200 px, čemuž byla přizpůsobena velikost stimulu, kdy diagramy byly doplněny bílým okrajem. Snímač pracuje na principu detekce zornice a korneálního odrazu infračerveného světla [36]. Maximální frekvence snímání je možné nastavit na 250 Hz. Pro sestavení experimentů byl použit software SMI Experimenter Suite 360° v. 3.5 dodávaný se snímačem. Pro zobrazení a analýzu naměřených dat lze použít software SMI BeGaze, který je součástí SMI Experimente Suite. Protože tento software je licencován a chráněn hardwarovým klíčem byl pro vyhodnocování experimentů dále použit open source software OGAMA v. 5.0 (Open Gaze and Mouse Analyser) [42, 43]. Převod dat ze softwaru SMI do softwaru OGAMA bylo provedeno pomocí webového nástroje smi2ogama v. 1.0 [37].

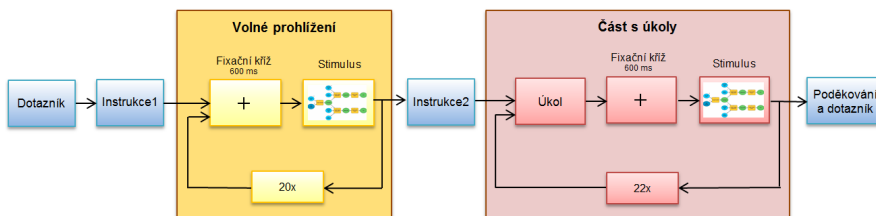
Od roku 2014 do roku 2016 se prováděly postupně eye-tracking testy jednotlivých VPL komponent. Časové rozložení bylo dáno nezbytnou přípravou respondentů v rámci výuky, která probíhala postupně v těchto letech. Celkem bylo realizováno 11 testů.

Všechny experimenty měly obdobnou strukturu. Vlastní experiment byl většinou (mimo ArcGIS Diagrammer) rozdělen na dvě hlavní části (Obr. 3). V první části tzv. **Volného prohlížení** (free-viewing) se respondentovi postupně zobrazovaly diagramy bez jakéhokoliv úkolu nebo otázky. Respondent si mohl libovolně prohlížet diagram v pevně zadaném časovém intervalu, který byl pro všechny diagramy stejný. V druhé části byly zobrazovány diagramy, na kterých respondent musel plnit konkrétní úkol nebo odpovídal na otázku. Tato část byla označena jako **Část s úkoly**. Vždy před zobrazením vlastního diagramu se na samostatném stimulu zobrazil text úkolu nebo otázky. Následoval černý **fixační kříž** uprostřed monitoru a následně zobrazení diagramu jako stimulu. Fixační kříž mezi stimuly byl použit z důvodu zabezpečení stejného výchozího bodu u všech respondentů na začátku sledování následujícího stimulu. Délka zobrazení fixačního kříže byla pouze 600 ms. Zobrazení fixačního kříže respondent skoro nezaznamenal, nicméně pohled očí se automaticky soustředil na něj. U druhé části s úkoly nebyl výrazně limitován čas na splnění úkolu a respondent přecházel na plnění dalšího úkolu sám po splnění předchozího úkolu stiskem mezerníku. Řazení stimulů bylo v první i druhé části nastaveno v testech z roku 2015 a 2016 náhodně. Výjimku tvoří experimenty, které byly ve verzi z roku 2014 s pevným řazením stimulů. Tyto experimenty byly pro další testování novou skupinou v roce 2015 ponechány beze změny, aby bylo možné zpracovat výsledky společně.

Dvě hlavní části Volné prohlížení a Část s úkoly byly testovány za účelem porovnání sledování stejných diagramů v různých režimu. Z experimentů a literatury je známo, že pohyb očí je ovlivněn zadaným úkolem, který se má nad stimulem řešit [24, 44]. Respondent

rozdílně sleduje diagram, pokud si jej může nezávazně prohlížet, ale jinak jej prohlíží, pokud v něm má najít konkrétní informaci či konkrétní symbol.

Za účelem kompletního získání informací obsahoval test na začátku **vstupní dotazník**, kde se zaznamenávalo jméno respondenta, ročník, pohlaví a věk. Následovaly obecné instrukce k celkovému testu a k jeho první části. Před druhou částí následovaly instrukce k plnění úkolů, které se zpravidla plnily označením myší jednoho nebo více míst v ploše diagramu (např. „Označte v modelu iterátor“). Testované skupiny tvořily většinou homogenní vzorek respondentů vzhledem k věku a znalostem. Jednalo se o studenty, jejichž věk se pohyboval od 20 do 27 roků. Skupiny obsahovaly různý počet žen a mužů. Počet respondentů v testech se pohyboval od 17 do 50.



Obr. 3 Struktura eye-tracking experimentu pro ArcGIS ModelBuilder

Naměřená data z eye-tracking experimentů lze analyzovat dvěma základními způsoby. První způsob je pomocí **vizuální analýzy**, kam patří vizualizace trajektorií (*gaze plot*), tvorba *attention map*, analýzy *oblastí zájmu* (AOI), *porovnání scanpath*, *flow mapy*, *time graph*, *salience* atd.

Druhý způsob je **statistická analýza** dat, do které vstupují informace jako je celkový čas strávený nad stimulem, počet fixací, délka trvání fixací, délka scanpath, čas do první fixace a řada vypočítaných údajů jako je průměrná doba fixace, počet fixací za sekundu, průměrná délka fixace, poměr fixací a sakád, průměrná rychlost sakád. Důležitý je i čas kliku myši, který se snímá jako odpověď na zadanou otázku nad stimulem. Do statistického zpracování lze zahrnout i základní metriku počtu správných a špatných odpovědí při plnění úkolů.

5. Výsledky

Výstupem habilitační práce je odpověď na výzkumnou otázku „**Jak splňují grafické notace vizuálních programovacích jazyků v GIS požadavky na kognitivně efektivní notaci?**“ K odpovědi autorka dospěla aplikací teorie Physics of Notations, kdy řada zjištění byla ověřena a doplněna pomocí empirického eye-tracking testování.

Na základě výsledků hodnocení lze vytvořit čtyři skupiny VPL komponent, podle úrovně splnění požadavků na kognitivně efektivní notaci.

1. skupina:

- **Spatial Model Editor pro Erdas Imagine**

Tato komponenta nejvíce splňuje požadavky na kognitivně efektivní notaci. Nespornou výhodou je sémantická transparentnost symbolů díky použití velkých vnitřních ikon. Vzhledem k možnosti vkládání sub-modelu částečně splňuje princip řízení složitosti z hlediska modularizace.

2. skupina:

- **Workflow Designer pro AutoCAD Map 3D**

Tato komponenta používá složené (kompozitní) symboly na rozdíl od všech ostatních hodnocených grafických notací, které používají jednoduché symboly. To je důvod, proč je zařazena do samostatné skupiny. Notace převážně splňuje požadavky na kognitivně efektivní notaci, zejména princip řízení složitosti.

3. skupina:

- **ModelBuilder pro ArcGIS for Desktop**

- **Graphical Modeler pro GRASS GIS**

Třetí skupinu VPL tvoří notace, které převážně splňují požadavky na kognitivně efektivní notaci. Obě notace převážně splňují princip vizuální expresivnosti, percepturní rozlišitelnosti a princip duálního kódování.

4. skupina:

- **Model Maker pro Erdas Imagine**

- **Macro Modeler pro IDRISI**

- **Graphical Modeler pro QGIS**

- **ArcGIS Diagrammer**

Tyto čtyři notace splňují jen částečně některé z principů percepturní rozlišitelnosti vizuální expresivnosti a principu duálního kódování.

U žádné z VPL komponent není splněn **princip kognitivní vhodnosti**, který doporučuje použití různých dialektů vizuální notace pro různé uživatele. V **principu sémiotické čistoty** chybí převážně u všech notací symbol začátku, konce, spojovníku a některých řídicích symbolů (větvení, cykly). Výjimku tvoří Workflow Designer a Graphical Modeler.

Princip řízení složitost pomocí hierarchické modularizace a strukturalizace je splněn u jediné VPL, a to u Workflow Designer. U jiných komponent je splněn jen částečně možností definovat a vkládat podprogramy (sub-modely), jsou to Spatial Model Editor, Macro Modeler, ModelBuilder, Workflow Designer a Processing Modeler.

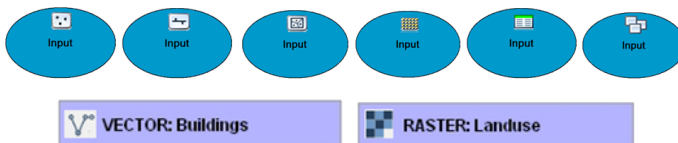
5.1. Doporučení na změny stávajících grafických notací

Součástí výsledků je i doporučení na změny stávajících grafických notací. Návrhy na změny podporují i zjištění ohledně souvislosti druhů inteligence a eye-tracking metrik. Použití ikon a textu souvisí s vizuální, jazykovou a matematickou inteligencí.

Návrhy na změny jsou:

- **Doplnění stávajících symbolů o vnitřní ikony**, pokud se jedná o přetížené symboly

Například v komponentě ModelBuilder a programu ArcGIS Diagrammer by bylo vhodné přidat vnitřní ikony, které by rozlišily druh prostorových dat (Obr. 4). Obdobné doporučení platí pro QGIS, Macro Modeler a Processing Modeler.



Obr. 4 Návrh na úpravu symbolů v ModelBuilder (nahore) a QGIS (dole)

- **Doplnění nových symbolů pro podprogram, cyklus, větvení, začátek, konec a spojovník**

Pokud uvedené symboly chybí tak je doplnit s důrazem na použití jiného tvaru nebo barvy výplně, resp. výrazné ikony (Obr. 5). U barev je nutné vzájemně sesouladit barevné odstíny, aby byla dobrá rozlišitelnost symbolů. Barvy volit světlé, aby vynikl černý text.



Obr. 5 Návrh na nové symboly

- **Doplnění a možnost změny textového popisu**

Díky možnosti změny textu a lze zvýšit v rámci principu duálního kódování množství předávané informace o typu dat, či jejich hodnotách.

- **Používání přímých spojných čar**

Místo oblých čar používat přímé spojnice s případným lomením u Spatial Model Editor a Processing Modeler.

- **Doplnění mechanismů hierarchické strukturalizace a modularizace**

Doplnit minimálně formou grafického a textového vymezení možnost znázornění dílčích částí workflow diagramu. Jinak formou interaktivních tlačítek mít možnost v hierarchii sbalit a rozbalit podčásti workflow diagramu, tak jako je to u Workflow Designer.

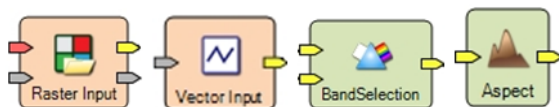
5.2. Koncepční návrh notace VPL pro GIS

Koncepční návrh kognitivně efektivní notace je logickým vyústěním zpracovaného hodnocení všech notací pro různé komponenty pro vizuální programování workflow v GIS. Návrh vychází z hodnocení podle teorie Physics of Notations, z testování v eye-tracking laboratoři, dále z osobních praktických zkušeností s prací v jednotlivých komponentách a z výuky studentů. Koncepční návrh obsahuje sadu námětů, které by nový návrh měl obsahovat. Nejedná se o ryze nový návrh, nýbrž o syntézu nejlepších vlastností stávajících notací, která vyplynula z hodnocení.

Knihovna symbolů. Jako základní symboly se jeví nejlépe zvolit symboly z notace Erdas Spatial Model Editor. Jedná se o jednoduché obdélníkové symboly s velkou vnitřní ikonou uprostřed a barevnou výplní, která rozlišuje data a operace. Důležité je, aby ikona byla dostatečně velká, např. 32 x 32 px. Z hlediska sémantické transparentnosti jsou to sémanticky bezprostřední symboly.

I když u symbolů Spatial Model Editor je využita jen jedna vizuální proměnná, a to barva výplně obdélníku (tudíž nenaplníje princip vizuální expresivity), tak transparentnost ikon je důležitější. Symboly s ikonami dobře vyjadřují jak různé typy prostorových i neprostorových dat (rastr, vektor, skalár), tak dobře vyjadřují ikonou různé druhy operací. Při návrhu ikon je dobré vyjít z literatury pojednávající přímo o designu ikon [28, 41] a konzultovat vzhled s odborníky grafiky. Výsledky z eye-tracking testování potvrzují význam sémantické transparentnosti maximem správných odpovědí a krátkým časem plnění úkolů.

Návrh symbolů pro začátek a konec workflow diagramu má použít zelenou a červenou barvu, kdy pro vnitřní kresbu jsou použity symboly známé z audio/video přehrávačů (Obr. 6). Při tisku nebo stránkování velkého modelu je třeba jej rozdělit na více částí a naznačit symbolem spojovníku místa konce a začátku dílčí části, aby byla zřejmá jejich návaznost. Za tímto účelem byl navržen jednoduchý kruhový symbol s písmenným (ev. číselným) označením místa spoje (Obr. 7).



Obr. 6 Inspirace pro symboly z Erdas Spatial Model Editor



Obr. 7 Návrh symbolů pro začátek, konec a spojovník ve workflow diagramu

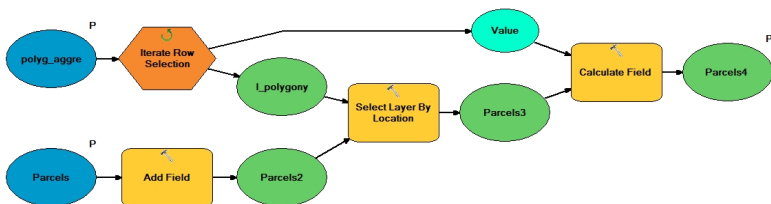
Parametrizace modelu. Zde je dobrou inspirací QGIS Processing Modeler. Návrh modelu je přímo sestavován jako parametrický. To znamená, že se nenastavují konkrétní vstupní data v modelu, ale jejich zadání je vyžadováno vždy až při spuštění. Odpadá tímto problém jak řešit vyjádření, že model je nebo není parametrický. U stávajících notací je to řešeno různě: písmeno P u ModelBuilder, samostatná ikona u Spatial Model Editor, která

zbytečně zvětšuje model, tučné ohraničení u Graphical Modeler. Problémy s nalezením parametrů v modelu právě odhalily eye-tracking testy pro Spatial Model Editor a Graphical Modeler. Název dat může být obecný, např. InputPoints a konkrétní dlouhý text s názvem dat nezabírá zbytečně plochu v modelu. Vlastní parametry operací mohou být zadány pevně (vzdálenost pro Buffer 100 m), nebo také mohou být zadávány až při spuštění diagramu.

Text součástí symbolů. Nezbytnou součástí je text názvů dat a operací. Jako vhodné se jeví umístění textu uvnitř symbolů při dolním okraji jako u Spatial Model Editor. Potřebná je možnost editace textu v symbolech. Pokud text přesáhne šířku symbolu, je vhodné text zkracovat, jako se to děje u Processing Modeler. Pokud se velikost symbolu přizpůsobuje délce textu, vykreslují se neúměrně velké symboly, které zavádí zkreslující informaci o důležitost symbolu naznačenou velikostí. Své použití najde i možnost vkládání komentářů do diagramu formou textových polí, které nemusí mít vlastní barevný obdélníkový symbol. Řada eye-tracking testů ukázala nezbytnost textu jako zdroje informace o prostorovém typu dat apod.

Spojné čáry. Spojné čáry se jako lepší jeví použít přímé spojnice zakončené šipkou. Nevhodné jsou oblé čáry, které používá Processing Modeler a Spatial Model Editor. Velice vhodné je šikmé vedení čar nejkratší cestou. V případě lomených čar provádět lomení pod tupým úhlem jako je to u ModelBuilderu, kde se tímto zamezuje zakrývání čar symboly (Obr. 8). Tupé úhly jsou lepší než více násobné lomení pod pravým úhlem. Eye-tracking testování diagramů s lomenými čarami a křížením čar potvrzují počtem špatných odpovědí, velkým počtem fixací a delším časem tento návrh.

Napojení čar může být přímo z horní části symbolu nebo z boční části symbolu. Umožní to tak horizontální nebo vertikální orientaci diagramu. V úvahu pro použití připadá i použití šipkových portů na hranici styku spojné čáry a symbolu jako je to u Spatial Model Editor. Potom odpadá použití zakončovacích šipek na konci spojných čar. Šipkové konektory dostatečně naznačují směr toku zpracování.

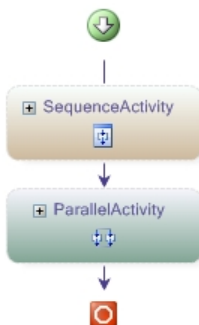


Obr. 8 Ukázka modelu, kde jsou čáry vodorovné, šikmé a lomené (pod tupým úhlem)

Automatické zarovnání modelu. Tato funkce je pro celkovou práci s diagramem naprosto nezbytná. Automatické zarovnávání symbolů a spojných čar vede ke zvýšení jeho uspořádanosti a estetiky. Pokud automatické zarovnání řeší i odstranění křížení čar a překryv textů a symbolů, tak se výrazně zvýší čitelnost diagramu. Dosažené časy, počty fixací a délka scanpath v eye-tracking testování hovoří ve prospěch zarovnaných modelů.

Hierarchická modularizace diagramu. Příkladem pro hierarchickou modularizaci je AutoCAD Map Workflow Designer, kde je možné sdružovat části diagramu do sekvencních či paralelních částí, které lze sbalovat či rozbalovat (Obr. 9). Dobrá je i možnost barevného odlišení celých částí diagramů. Samozřejmějmu vlastností by měla být možnost vkládání jiných

diagramů jako podprogramů. Dobře využitelná je i možnost vkládání textových podprogramů, jako je to u QGIS Processing Modeler nebo ArcGIS ModelBuilder. Podprogram by měl mít samostatný odlišný barevný symbol nebo symbol s ikonou. Vnořené diagramy by měly mít možnost přímého interaktivního otevření z nadřazeného diagramu.



Obr. 9 Ukázka hierarchické modularizace v AutoCAD Map Workflow Designer

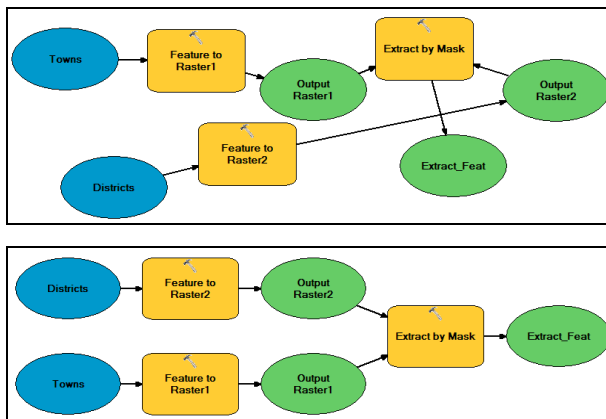
Možnost změny velikosti modelu. Nezbytná je možnost změny měřítka modelu ve smyslu oddálení, či přiblížení diagramu, či zobrazení přesně na velikost okna. V práci napomáhá souběžné zobrazení přehledového okna celého diagramu. Díky němu se uživatel může orientovat v diagramu s velkým počtem symbolů a uvědomit si, která část diagramu je momentálně přiblížena.

5.3. Doporučení uživatelům pro tvorbu workflow diagramů

Uživatelská vstřícnost a využitelnost VPL v GIS je nesporná. Pro budoucí uživatele byla sestavena, jako jeden z dílčích výstupů habilitační práce, sada praktických doporučení. Sada následujících doporučení je aplikovatelná přímo uživateli a tvůrci diagramů při praktické činnosti. Doporučení jsou souhrnem ověřených praktických zkušeností a výsledků testování v eye-tracking laboratoři. Doporučení korespondují i s literaturou, která se zabývá estetikou diagramů [39]. Pokud nelze některá doporučení, zejména zarovnání symbolů, dodržení převládajícího směru, symetrii, nastavit automaticky v programu, tak je nutné apelovat na pečlivost a estetické cítění autora diagramu. Doporučení lze shrnout do sedmi zásad:

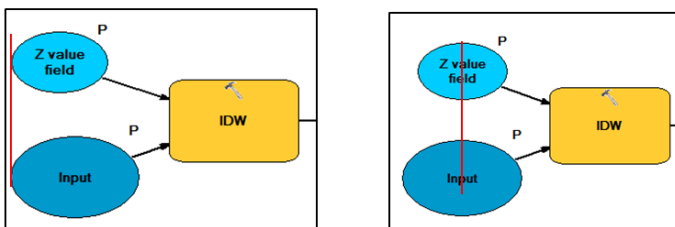
- **Zarovnávání symbolů**

Při tvorbě diagramu se snažit o maximální zarovnání prvků v diagramu k mřížce. Někdy je možnost podkladovou mřížku zapnout pro zobrazení a je možné automaticky k mřížce přichytávat symboly. Jindy je nutné si pouze představit tuto pomyslnou mřížku. Zarovnání by mělo být ve smyslu zachování vodorovné nebo svislé linie toku a zákrytu symbolů (Obr. 10).



Obr. 10 Ukázka stejného diagramu v nezarovnané (nahore) a zarovnané (dole) podobě

Zarovnání symbolů k levému/pravému okraji nebo středu symbolu u symbolů, které jsou pod sebou a mají různou šířku, zlepšuje porozumění diagramu (Obr. 11). Stejně tak je dobré zarovnat symboly k hornímu nebo dolnímu okraji symbolu v případě symbolů s různou výškou.

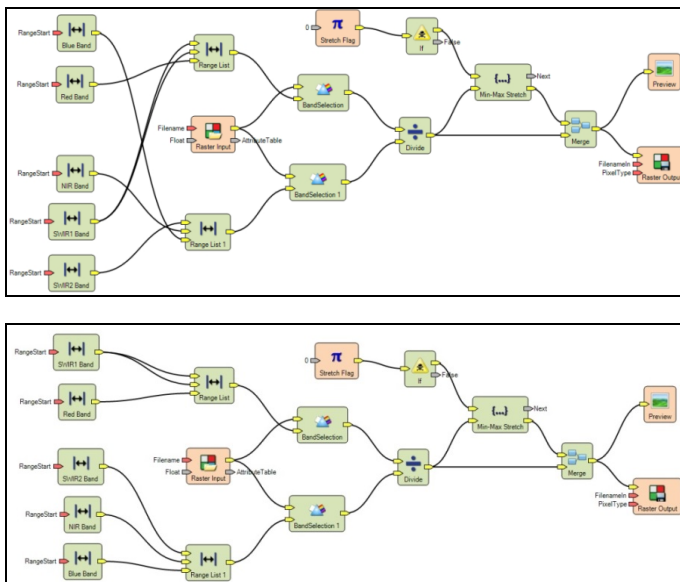


Obr. 11 Ukázka dvou variant zarovnání vlevo a na střed pro symboly pod sebou v ModelBuilder

Pokud komponenta umožňuje nastavit nebo provádět automatické zarovnávání, tak by jej uživatelé měli plně využívat při práci. Pokud tento nástroj není dostupný, doporučuje se provádět zarovnávání ručně a to již průběžně při tvorbě diagramu. Zarovnání symbolů přinese uživateli zpřehlednění diagramu a uživatel jej snáze a jednodušeji rychleji čte. Toto doporučení vyplývá z výsledků testování modelů v Processing Modeler.

- **Minimalizace křížení spojných čar**

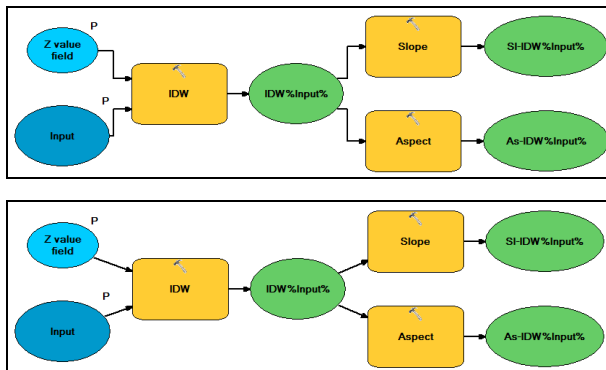
Při tvorbě diagramu může autor přímo vhodným umístěním symbolů zamezit, nebo aspoň minimalizovat křížení spojných čar mezi symboly. Křížení čar jinak ztěžuje vyhledávání prvků, které jsou spolu spojeny a dochází k chybám ve čtení diagramu. Zjištění potvrzuje testování modelů pro Spatial Model Editor. Vliv na počet špatných odpovědí a delší průměrné časy fixací se ukázaly i u testování modelu z Processing Modeler s křížením čar. Odstranění zbytečného křížení čar uživateli přinese možnost rychlejšího porozumění workflow diagramu.



Obr. 12 Ukázka funkčně stejného diagramu s křížením čar (nahore) a bez křížení spojních čar (dole) v levé části diagramu pro Spatial Model Editor

- **Minimalizace lomených čar**

Uživatelé by měli preferovat přímé čáry před lomenými čárami, resp. několikrát lomenými čárami. Lomené čáry prodlužují spojovací dráhu a zhoršují čitelnost diagramu. Pokud je možnost přidávat lomové body spojnice, tak jen v ojedinělých případech, kdy je třeba předejít zakrývání spojnic symboly. V ModelBuilder, kde je možné přepnout na variantu lomených čar, je lépe tuto volbu nepoužívat. Doporučení minimalizace lomených čar potvrzuje testování v ModelBuilder. Přínosem pro uživatele je zřejměnější workflow diagramu.



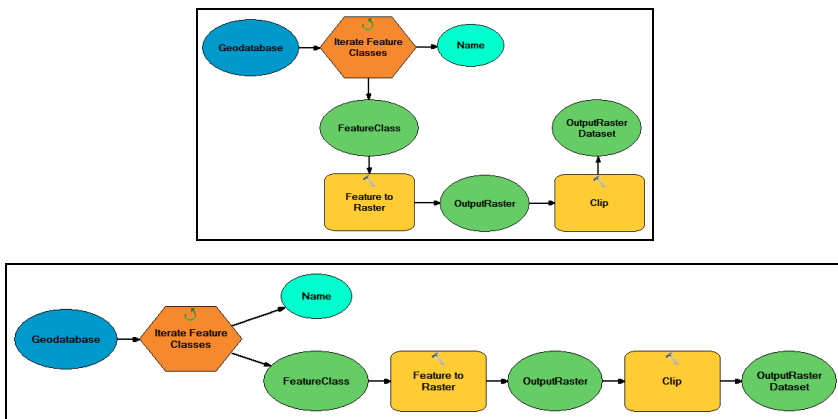
Obr. 13 Ukázka funkčně stejného modelu s lomenými čárami (nahore) a přímými čárami (dole)

- **Maximalizace symetrie diagramu**

Uživatelé by se měli snažit zarovnávat symboly v diagramu tak, aby diagramy byly symetrické buď podle svislé, nebo podle vodorovné osy. Tento požadavek není jednoduché zajistit, pokud workflow diagram má více paralelních větví a v každé větvi je různý počet symbolů. Symetrický diagram dobře působí na uživatele svou estetickou vyvážeností.

- **Minimalizace počtu změn směru toku dat**

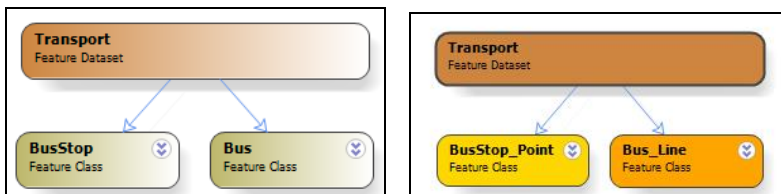
Ideální je, pokud v diagramu existuje jeden převládající směr toku dat: zleva doprava (horizontální), shora dolů (vertikální) nebo šikmo shora dolů (diagonální). Není vhodné několikrát změnit směr zpracování ve workflow diagramu, či dokonce nastavit místy zpětný směr (zprava-doleva, zdola-nahoru). Takové změny směru brzdí plynulost čtení. Výsledky testování čtyř uspořádání jednoho modelu (kompaktní, uživatelské, horizontální, horizontální lomené) pro ModelBuilder potvrzují toto doporučení. Pokud je v diagramu jen jeden převládající směr, uživatel plynuleji a rychleji pracuje s diagramem.



Obr. 14 Ukázka funkčně stejného modelu s trojnásobnou změnou směru (nahore) a s jedním směrem (dole)

- **Změna barvy a tvaru symbolu**

Pokud notace umožňuje změnu barvy, tvaru nebo ohraničení symbolu, tak je použit jen v případě, že grafická notace má určité nedostatky (přetížení symbolu z hlediska sémiotické čistoty). Druhá situace, kdy je dobré využít změnu barvy je za účelem zdůraznění určitých důležitých symbolů v diagramu, jako jsou např. výsledná data. Potom je třeba pro změněné symboly přidat vysvětlující legendu. Jinak není vhodné výchozí barevné nastavení měnit. Pro jiného uživatele znamená změna barev a tvarů prvotní bariéru pro porozumění diagramu. Výhodu změny barvy pro sub-model a Python skript potvrdil test pro ModelBuilder. Změna barvy přinese uživateli zvýšení percepční rozlišitelnosti symbolů. Obr. 15 ukazuje změnu barvy symbolů v modelu geodatabáze.



Obr. 15 Ukázka původní barevné výplně symbolů (vlevo) a změny barevné výplně symbolů (vpravo) pro rozlišení typu bodových a liniových dat a použití duálního kódování v ArcGIS Diagrammer

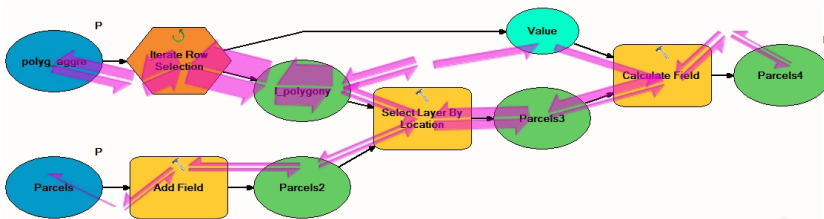
- **Výstižné a přiměřeně dlouhé názvy symbolů**

Uživatelé mohou vhodným pojmenováním dat naznačit prostorový (datový) typ a význam dat. Jak je vidět v modelu na Obr. 15, tak je zřejmé z názvu *BusStop_Point*, že se jedná o bodovou vrstvu autobusových zastávek (obdobně *Bus_Line* reprezentují liniovou třídu prvků autobusových linek). Stejně tak je třeba volit výstižné názvy pro podprogramy. Délka názvů symbolů by neměla být příliš dlouhá. Je třeba do určité míry respektovat délkou textu rozměry symbolu, aby zbytečně nenarůstala jejich šířka, resp. aby část názvu nebyla skryta. Užitečnost vhodného pojmenování potvrdil test pro ArcGIS Diagrammer a řada dalších testů pro ModelBuilder a Spatial Model Editor. Uživatelé výstižnými názvy využijí naplno princip duálního kódování.

5.4. Způsoby čtení a zpracování workflow diagramů

Z vyhodnocení jednotlivých scanpath, attention map, flow map a AOI pro kliky myši byly zjištěny určité způsoby čtení a zpracování diagramů společně pro všechny respondenty [13]:

- **Vliv orientace diagramu** je parný zejména u **volného prohlížení**. Čtení začíná převážně vlevo nahoře bez ohledu na to, zda je orientace směru toku horizontální nebo vertikální. Další pohyb z tohoto výchozího místa následuje podle směru diagramu, a to vpravo, dolů nebo šikmo. V případě více souběžných větví toku diagramu není respondentem pohlédnuta větev až do konce a dochází k přechodu na souběžnou větev. Dochází k vrácení pohledu buď postupně na střed, nebo na začátek diagramu (Obr. 16). **Při řešení úkolu** pohled začíná převážně úplně stejně jako při volném prohlížení a to v levém horním rohu. Pak pokračuje podle orientace diagramu a zastavuje se v místě předpokládaného hledání odpovědi. Pohled se zastavuje na dalších určitých místech podle úkolu. Dochází k přeskokování částí větve a čtení nesouhlasí tak striktně s orientací. Většina respondentů prochází diagram ještě jednou pro kontrolu a ověření zda nepřehlédl další jiné místo správné odpovědi. Druhý průchod již není tak systematický. Při řešení některých snadných úkolů není diagram prohlédnut celý. Čtení diagramu probíhá zleva doprava jako u psaného textu, pokud převládá tato orientace. U kompaktních diagramů, kde se často mění směr toku, vykazuje směr čtení nahodilé změny. Čtenář nemá snahu přesně sledovat směry toku dat.



Obr. 16 Flow mapa volného prohlížení modelu s ukázkou převládajících směrů čtení

- **Čtení po symbolech** je jen částečné. Respondenti se snaží číst diagram po symbolech, ale u diagramů s více prvky dochází k přeskakování dvou až tří symbolů v řadě. Zajímavé je, že pohled často končí dříve než na posledním prvku u horizontální orientace. Stejně tak u horizontální a vertikální orientace má vždy málo pozornosti prvek při spodním okraji vlevo (Obr. 16). Způsob prohlížení diagramu odpovídá opět čtení psaného textu, kdy nejsou systematické fixace na každém slově a „nedočítá se“ konec věty. To by odpovídalo asymetrii percepčního pole naučené z čtení textu. Počítané korelační koeficienty mezi počtem fixací a počtem symbolů nemají vysoké hodnoty. Někdy je vyšší hodnota u volného prohlížení než u řešení úloh a naopak. Patrně se při hledání ve velkém diagramu opakovalo mnoho fixací v okolí místa odpovědi a díky opakovanému prohlížení při ověřování narostl počet fixací.
- **Způsob odpovídání** u více odpovědí (kliky na více symbolů). Byly vypořazovány dva různé způsoby odpovídání v případě více správných míst odpovědí. První způsob odpovídá pořadí odpovědí (kliknutí myši do diagramu) i pořadí výskytu symbolu ve směru čtení diagramu. Druhý nečekaný způsob odpovídání je ve **zpětném pořadí**. Respondent nejprve „proskenuje“ pohledem diagram a myšlenkově nalezeně místa potenciálních odpovědí a až při zpětném prohlížení začíná označovat kliknutím myši správné odpovědi. Respondent odpovídá tzv. „od konce“ a vrací se na začátek, kde označí zbylé správné odpovědi. Výjimečně respondenti odpovídali nahodile v ploše diagramu. Zpětné pořadí odpovědí se vyskytlo nejen ve směru zprava do leva ale také zdola nahoru.
- **Zvýšenou mentální zátěž** lze vypořazovat ze změn průměrů zornic při řešení úloh. Naopak nebyla nalezena významná souvislost mezi vizuální a jazykovou inteligencí a eye-tracking metrikami.

6. Závěr

Předkládaná habilitační práce přináší detailní přehled a hodnocení grafické notace současných vizuálních programovacích jazyků pro desktop geografické informační systémy nejen komerčních, ale i open source softwarů. Realizované hodnocení je provedeno z pohledu plnění požadavků na kognitivně efektivní vizuální notaci podle teorie Physics of Notations. Tento hlavní cíl habilitační práce byl splněn. Vzhledem k tomu, že kognitivní vlastnosti vizuálních programovacích jazyků jsou opomíjenou oblastí v GIS, představuje tato práce první dílo s tímto zaměřením.

Při hodnocení byla provedena metodologická triangulace díky aplikaci metody měření pohybu očí (eye-tracking). Výsledky eye-tracking testování potvrdily hypotézy, že přednosti nebo naopak nedostatky vizuálních slovníků mají vliv na kognici, její správnost a rychlost. Vzhledem k tomu lze konstatovat, že metodu eye-tracking, jako moderní metoda zkoumání HCI, lze využít pro testování kognice workflow diagramů. Eye-tracking lze počítat mezi metody, kterými lze sledovat souvislosti mezi kognitivními pochody, mentální zátěží a vizuálním externím stimulem, kterým je workflow diagram.

Řešení práce probíhalo více než čtyři roky a zakládá se na více než desetileté pedagogické zkušenosti autorky s VPL v GIS. Základní charakteristiky VPL byly publikovány již například v konferenčním příspěvku „*Visual Programming Language in Geographic Information Systems*“ z roku 2011 [6], kde jsou popsány příklady diagramů ze tří různých VPL komponent. V roce 2012 byl publikován článek „*Visual Programming for Novice Programmers in Geoinformatics*“ [8], který prezentoval zkušenosti s výukou začátečníků textového programování v jazyce Python založené na konverzi funkčních modelů z ModelBuilder. Poster s názvem „*Comparison of Visual Languages in Geographic Information Systems*“ [14] na sympoziu Visual Languages and Human-Centric Computing v Innsbrucku v roce 2012 a osobní setkání s A. Blackwellem a D. Moodym bylo impulsem pro započetí detailního výzkumu VPL pro GIS.

Následující konferenční příspěvky z roku 2013 se již detailněji zabývaly aplikací teorie Physics of Notations a estetickou stránkou diagramů („*Using the Physics of Notations to Analyse ModelBuilder Diagrams*“ [10], „*Visual Language for Geodatabase Design*“ [11], „*Strengths and Weaknesses in Data Flow Diagrams in GIS*“ [9]). Kompletní přehled VPL v GIS přinesl článek „*Data Flow Diagrams in Geographic Information Systems: A survey*“ v roce 2014. Dílčí výsledky byly prezentovány také v České republice na uživatelské konferenci Esri v Praze, jejímž přínosem byla odezva uživatelů z praxe („*ModelBuilder a ArcGIS Diagrammer z pohledu grafické notace*“) a na konferenci GIS Ostrava 2015 („*Přehled grafických notací diagramů toků dat v GIS a metody hodnocení*“ [18]). Na Slovensku na konferenci „Otvorený software vo vzdelávaní, výskume a v IT riešeníach“ byla prezentován příspěvek „*Vizuální programování v QGIS*“ [19] jako vyzvaná přednáška sekce GIS. Recenze článků a příspěvků přinesly vždy zajímavé podněty pro další práci.

Výsledky habilitační práce jsou přínosné jak pro programátory vlastních vizuálních komponent, tak pro běžné tvůrce workflow diagramů v GIS. Praktickou sadu doporučení lze

využít přímo při tvorbě diagramů. Zjištění se mohou v budoucnosti aplikovat i na nově vznikající notace VPL v GIS. Konceptní popis vlastností nové notace je syntézou poznatků habilitační práce. Výsledky práce jsou také příspěvkem do oblasti systémového inženýrství. Grafická notace, která splňuje požadavky na kognitivně efektivní notaci, umožňuje rychlejší a kvalitnější návrh programů pro automatické zpracování dat. Výsledky výzkumu budou dále publikovány v odborné komunitě a také budou uplatněny další praktickou pedagogickou činností autorky na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci.

7. Výběr z použité literatury a literárních zdrojů

1. ANDRIENKO, G., ANDRIENKO, N., BURCH, M., WEISKOPF, D. Visual Analytics Methodology for Eye Movement Studies. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 18(12): 2012. s. 2889-2898.
2. AVISON, D.E., FITZGERALD, G. *Information Systems Development: Methodologies, Techniques and Tools*. McGraw-Hill. 2006
3. BLACKWELL, A.F. *Cognitive dimensions of notations: Understanding the ergonomics of diagram use*. Herrsching. 2008.
4. CARROLL, J.M. *Human Computer Interaction*. 2009. Dostupné: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed>.
5. DAVIES, I., GREEN, P., ROSEMAN, M., INDULSKA, M., GALLO, S. How do practitioners use conceptual modeling in practice? *Data & Knowledge Engineering*. 58(3): 2006. s. 358-380.
6. DOBESOVA, Z. *Visual programming language in geographic information systems*. Recent Researches in Applied Informatics, 2nd International Conference on Applied Informatics and Computing Theory, AICT 11. Prague: NAUN/IEEE, WSEAS Press. 2011. s. 276-280.
7. DOBESOVA, Z. Database modelling in Cartography for the “Atlas of Election”. *Geodesy and Cartography*. 38(1): 2012. s. 20-26.
8. DOBESOVA, Z. *Visual programming for novice programmers in geoinformatics*. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Bulgaria, Albena. 2012. s. 433-440.
9. DOBESOVA, Z. *Strengths and weaknesses in data flow diagrams in GIS*. Computer Sciences and Applications (CSA), 2013 International Conference Wuhan, China: IEEE. 2013. s. 803-807.
10. DOBESOVA, Z. *Using the Physics of Notations to analyse ModelBuilder diagrams*. Proceeding of 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Albena, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd. Sofia. 2013. s. 595-602.
11. DOBESOVA, Z. *Visual language for geodatabase design*. Proceedings 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference. Albena, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd. Sofia. 2013. s. 603-610.
12. DOBESOVA, Z. *E-learning for visual programming language*. Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2th International Conference, Starý Smokovec, Slovensko, IEEE, 2014, s. 103-108.
13. DOBESOVA, Z. *Student reading strategies of GIS workflow diagrams*. Advances in Social Science, Education and Humanities Research. Singapore: Atlantis Press. 2016. s. 319-325.
14. DOBESOVA, Z., DOBES, P. *Comparison of visual languages in Geographic Information Systems*. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC). Innsbruck. 2012. s. 245-246.
15. DOBESOVA, Z., DOBES, P. *Differences in visual programming for GIS*. Switzerland: Trans Tech Publications. 2014. s. 353-356.

16. DOBESOVA, Z., LACKOVA, L., MALCIK, M. *Perception and cognition of different types of graphic notations as a source of information in applied informatics*. IEEE 10th Jubilee International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI) 2015. s. 209-214.
17. DOBESOVA, Z., MALCIK, M. *Workflow Diagrams and Pupil Dilatation in Eye-tracking Testing*. ICETA 2015, 13th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications. Starý Smokovec, Slovensko: IEEE. 2015. s. 59-64
18. DOBEŠOVÁ, Z. *Přehled grafických notací diagramů toků dat v GIS a metody hodnocení*. Sborník symposia GIS Ostrava 2015, Současné výzvy geoinformatiky. VŠB-TU, Hornicko-geologická fakulta, Ostrava. 2015. s. 12.
19. DOBEŠOVÁ, Z. *Vizuální programování v QGIS, 8. OSSConf, Konferencie Otvorený software vo vzdelávaní, výskume a v IT riešeníach*. Žilinská univerzita v Žilíně, Spoločnosť pre otvorené informačné technológie: Žilina, Slovensko. 2016.
20. GARDNER, H. *Multiple Intelligences: The Theory in Practice*. Basic Books. New York. 1993. 320 s.
21. GOLDSTINE, H., NEUMAN, J.V. *Planning and coding of problems for an electronic computing instrument*. Report on the Matematical and Logical aspects of an Electronic Computing Instrument. Princeton, New Jersey: Institute for Advanced Study. 1947. 69 s.
22. GREEN, T.R.G., PETRE, M. Usability analysis of visual programming environments: A 'cognitive dimensions' framework. *Journal of Visual Languages and Computing*. 7(2): 1996. s. 131-174.
23. HENDL, J. *Kvalitatívny výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. 4., přeprac. a roz. vyd. ed. Praha: Portál. 2016. 437 s.
24. HOLMQVIST, K., NYSTRÖM, M., ANDERSSON, R., DEWHURST, R., JARODZKA, H., VAN DE WEIJER, J. *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press. 2011. 537 s.
25. CHAPMAN, A. *Howard Gardner's multiple intelligences*. 2014. Dostupné: <http://www.businessballs.com/howardgardnermultipleintelligences.htm>.
26. ITTI, L. Visual salience. *Scholarpedia*, 2(9):3327. 2007.
27. ITTI, L., KOCH, C. Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*. 2(3): 2001. s. 194-203.
28. KORTUNOV, D. *10 Mistakes in Icon Design*. 2008. Dostupné: http://turbomilk.com/blog/cookbook/icon_design/10_mistakes_in_icon_design/.
29. KUDELKA, V., DOBESOVA, Z. *Eye-tracking testing of GIS interfaces*. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM. Albena, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd. . 2015. s. 585-592.
30. MOODY, D. *Theory development in visual language research: Beyond the cognitive dimensions of notations*. Visual Languages and Human-Centric Computing, 2009. VL/HCC 2009. IEEE Symposium 2009. s. 151-154.
31. MOODY, D.L. The "Physics" of Notations: Toward a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering. *Ieee Transactions on Software Engineering*. 35(6): 2009. s. 756-779.
32. MOODY, D.L. *The "Physics" of Notations: A scientific Approach to Designing Visual Notations in Software Engineering, Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering - Volume 2*. ACM: Cape Town, South Africa. 2010.

33. OMG *Unified Modeling Language: Superstructure, version 2.0*, <http://doc.omg.org/formal/2005-07-04.pdf>. Object Management Group 2005.
34. OXFORDUNIVERSITY. *Oxford English Dictionary*. 2016. Dostupné: <http://www.oxforddictionaries.com>.
35. PLHÁKOVÁ, A. *Učebnice obecné psychologie*. Praha: Academia. 2007. 472 s.
36. POPELKA, S. *Hodnocení 3D vizualizací s využitím sledování pohybu očí*. Terra Notitia. Olomouc: Univerzita Palackého. 2015. 167 s.
37. POPELKA, S., ŠTRUBL, O., BRYCHTOVÁ, A. *smi2ogama*. 2015. Dostupné: <http://eyetracking.upol.cz/smi2ogama/>.
38. PREECE, J., ROGERS, Y., SHARP, H. *Interaction design: beyond human computer interaction*. USA: John Wiley & Sons, Inc. 2002. 519 s.
39. PURCHASE, H.C., CARRINGTON, D., ALLDER, J. Empirical Evaluation of Aesthetics-based Graph Layout. *Empirical Software Engineering*. 7(3): 2002. s. 233-255.
40. STÖRRLE, H. *On the impact of layout quality to understanding UML diagrams: Diagram type and expertise*. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC). 2012. s. 49-56.
41. SZCZEPANEK, R. Toolbar icons for applications. *Geoinformatics FCE CTU*. 3(1): 2008. s. 79-89.
42. VOBKÜHLER, A. OGAMA Description (for Version 2.5): a software to record, analyze and visualize gaze and mouse movements in screen based environments. . <http://www.ogama.net/sites/default/files/pdf/OGAMA-DescriptionV25.pdf>. 2009.
43. VOBKÜHLER, A. OGAMA Open Gaze And Mouse Analyzer. <http://www.ogama.net/>. 2014.
44. YARBUS, A.L. *Eye Movements and Vision*. New York: Plenum Press. 1967. 121 s.
45. YUSUF, S., KAGDI, H., MALETIC, J.I. *Assessing the comprehension of UML class diagrams via eye tracking*. IEEE International Conference on Program Comprehension. 2007. s. 113-122.

8. Publikace autorky ve vztahu k řešené problematice

1. DOBEŠOVÁ, Z. *Visual programming language in geographic information systems*. Recent Researches in Applied Informatics, 2nd International Conference on Applied Informatics and Computing Theory, AICT 11. Prague: NAUN/IEEE, WSEAS Press. 2011, s. 276-280.
2. DOBEŠOVÁ, Z. *Visual programming for novice programmers in geoinformatics*. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Bulgaria, Albena. 2012, s. 433-440.
3. DOBEŠOVÁ, Z., DOBEŠ, P. *Comparison of visual languages in Geographic Information Systems*. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC). Innsbruck. 2012, s. 245-246.
4. DOBEŠOVÁ, Z. Database modelling in Cartography for the “Atlas of Election”. *Geodesy and Cartography*. 38(1): 2012, s. 20-26.
5. DOBEŠOVÁ, Z. *Using the Physics of Notations to analyse ModelBuilder diagrams*. Proceeding of 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Albena, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd. Sofia. 2013, s. 595-602.
6. DOBEŠOVÁ, Z. *Visual language for geodatabase design*. Proceedings 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference. Albena, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd. Sofia. 2013, s. 603-610.
7. DOBEŠOVÁ, Z. *Strengths and weaknesses in data flow diagrams in GIS*, International Conference on Computer Sciences and Applications, CSA 2013, IEEE, Computer Society, Wuhan, China, 2013, s. 803-807
8. DOBEŠOVÁ, Z. *E-learning for visual programming language*. IEEE 12th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), Starý Smokovec, Slovensko, IEEE, 2014, s. 103-108.
9. DOBEŠOVÁ, Z. *ModelBuilder a ArcGIS Diagrammer z pohledu grafické notace*, Sborník příspěvků, Conference GIS Esri, ArcData, Praha, 2014, 80-87s. ISBN 978-80-905316-1-1
10. DOBEŠOVÁ, Z., DOBEŠ, P. *Differences in visual programming for GIS*, Applied Mechanics and Materials, Vols. 519-520, Computer and Information Technology Trans Tech Publications, Switzerland, 2014, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.519-520.353, 353-356 s.
11. DOBEŠOVÁ, Z. *Výuka vizuálního programování v geografických informačních systémech*, Ed. A. Motýčka, Sborník abstraktů konference Informatika XXVIII, Luhačovice, Mendelova univerzita, Brno, 2015, 6 s.
12. DOBEŠOVÁ, Z. *Přehled grafických notací diagramů toků dat v GIS a metody hodnocení*. Sborník symposia GIS Ostrava, Současné výzvy geoinformatiky. VŠB- TU, Hornicko-geologická fakulta, Ostrava, 2015, 12 s.

13. KUDĚLKA, V., DOBEŠOVÁ, Z. *Eye-tracking testing of GIS interfaces*, Sborník konference SGEM 2015, 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Volume I, STEF92 Technology Ltd. Sofia, Bulharsko, 2015, 585-592 s., ISBN 978-619-7105-34-6, DOI: 10.5593/sgem2015B21.
14. DOBEŠOVÁ, Z., LACKOVA, L., MALCIK, M. *Perception and cognition of different types of graphic notations as a source of information in applied informatics*. IEEE 10th Jubilee International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 2015, s. 209-214. DOI: 10.1109/SACI.2015.7208201
15. DOBESOVA, Z., MALCIK, M. *Workflow Diagrams and Pupil Dilatation in Eye-tracking Testing*. ICETA 2015, 13th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications. Starý Smokovec, Slovensko, IEEE. 2015, s. 59-64, DOI: 10.1109/ICETA.2015.7558460
16. DOBEŠOVÁ, Z. *Eye-tracking pro testování čtení workflow diagramů v geografických informačních systémech*, Ed. A. Motýčka, Sborník konference Informatika XXIX, Luhačovice, Mendelova univerzita, Brno, 2016, 6s.
17. DOBEŠOVÁ, Z. *Vizuální programování v QGIS, 8. OSSConf, Konferencie Otvorený software vo vzdelávaní, výskume a v IT riešeníach*. Žilinská univerzita v Žilíně, Spoločnosť pre otvorené informačné technológie: Žilina, Slovensko. 2016, 8s.
18. DOBESOVA, Z. *Student reading strategies of GIS workflow diagrams*. 2nd International Conference on Humanities and Social Science Research (ICHSSR), Singapore, 2016, *Journal Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, Atlantis Press, Vol. 70, s.319-325, DOI: 10.2991/ichssr-16.2016.68
19. DOBESOVA, Z. *Empirical testing of bends in workflow diagrams by eye-tracking method*, In: Silhavy R., Silhavy P., Prokopova Z., Senkerik R., Kominkova Oplatkova Z. (eds) *Software Engineering Trends and Techniques in Intelligent Systems*. CSOC 2017. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol 575. Springer, Cham, s. 158-167, DOI: 10.1007/978-3-319-57141-6_17

Název	Grafická notace vizuálních programovacích jazyků v GIS (teze habilitační práce)
Autorka	Ing. Zdena DOBEŠOVÁ, Ph.D.
Vydavatel	Univerzita Pardubice
Do tisku	duben 2017
Stran	33
Náklad	40
Vydání	první
Tisk	Polygrafické středisko Univerzity Pardubice

Tato publikace neprošla jazykovou korekturou.

ISBN 978-80-7560-061-5