

## PŘEHLED GRAFICKÝCH NOTACÍ DIAGRAMŮ TOKŮ DAT V GIS A METODY HODNOCENÍ

Zdena DOBEŠOVÁ

<sup>1</sup> Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17. listopadu 50, 771 46, Olomouc, Česká republika  
*zdena.dobesova@upol.cz*

### Abstrakt

Současné desktop GIS produkty často disponují komponentou na pro návrh automatizovaného zpracování dat. Postup zpracování dat je graficky zakreslen ve formě diagramů toků dat (data flow diagram - DFD). Grafické symboly diagramů se liší u různých produktů. Příspěvek přináší přehled komponent pro DFD těchto programů: ModelBuilder pro ArcGIS for Desktop, Model Maker pro ERDAS IMAGINE, Macro Modeler pro IDRISI, Workflow Designer pro AutoCAD Map a Processing Modeler pro QGIS. Z pohledu kognitivní efektivity lze grafické notace jednotlivých komponent hodnotit pomocí principů „Physics of Notation“ podle Dr. Daniela Moodyho. Vhodným doplňkem hodnocení pomocí principů je eye-tracking testování diagramů. Hodnocení ukazují malé využití variability tvarů, barev a popisných textů v grafických symbolech diagramů. Spojení hodnocení a eye-tracking testování přináší zajímavé náměty na vylepšení grafických notací diagramů datových toků.

### Abstract

Contemporary desktop GIS software includes the components for design of automatic data processing. Steps of processing are design in a graphical way as data flow diagrams (DFD). The graphic notation differs in various GIS data flow components. The article describes these programs: ModelBuilder for ArcGIS Desktop, Model Maker for ERDAS IMAGINE, Macro Modeler for IDRISI, Workflow Designer for AutoCAD Map a Processing Modeler for QGIS. From the point of cognition effectivity, the graphical notation can be assessed by principles of “Physics of Notation“ by Dr. Daniel Moody. The suitable supplement of assessment is eye-tracking testing of diagrams. Evaluations demonstrate a low utilisation of shapes, colours and labels in graphical elements of diagrams. The join of assessment and testing brings innovative ideas for improvement of graphical notation in data flow diagrams.

**Klíčová slova:** diagram; grafická notace; GIS; kognice.

**Keywords:** diagram; graphic notation; GIS; cognition.

### ÚVOD

Grafické znázornění zpracování dat ve formě diagramů datových toků a další grafická schémata jako je UML jazyk, ERA diagramy atd. jsou dnes nedílnou součástí informatiky a softwarového inženýrství. Každý druh diagramu disponuje základní sadou grafických symbolů (elementů) označovaných jako grafická notace. Pojem grafická notace je chápán jako sada všech prostředků pro zápis DFD. Variabilita grafických symbolů používaných v příslušných editorech je navzájem velká.

Hlavním účelem diagramů je znázornit srozumitelně postup zpracování tak, aby čtení, chápání, zpracování a zapamatování informací znázorněných v diagramu bylo co nejrychlejší a bezchybné. Je tedy třeba, aby diagramy byly kognitivně efektivní. Kognitivně efektivní diagram je takový diagram, který je rychle, jednoduše a přesně zpracován lidskou myslí [1, 2]. Úkolem diagramu je tedy graficky znázornit návrh postupu zpracování dat, který je následně automatizovaně proveden. Funkčnost je vlastnost, která je hlavním účelem diagramu a předpokládá se její bezchybnost. Ve fázi sestavování diagramu a jeho testování má nezanedbatelný vliv právě kognitivní kvalita grafické notace. Zdlouhavé hledání chyb a odlaďování může být právě způsobeno nesprávně navrženou nebo neúplnou grafickou notací. Finální diagram slouží kromě vlastního zpracování také jako dokumentace, kdy se používá pouze jeho tištěná forma.

Produkty geografických informačních systémů (GIS) již řadu let disponují komponentami pro tvorbu diagramů datových toků. Diagramy datových toků jsou orientované grafy, kde orientované hrany grafu znázorňují směr zpracování dat. Tyto diagramy datových toků lze zařadit do velké skupiny vizuálních programovacích jazyků (visual programming language – VPL) [3]. Názvy těchto komponent a grafická notace je hodně různorodá v různých GIS produktech. Často se v názvech komponent používá pojem model, méně často diagram. Taktéž výstupy z komponent jsou nazývány modely resp. diagramy. Oba termíny jsou považovány v tomto článku za ekvivalentní a bude v jednotlivých případech respektováno produktové označení.

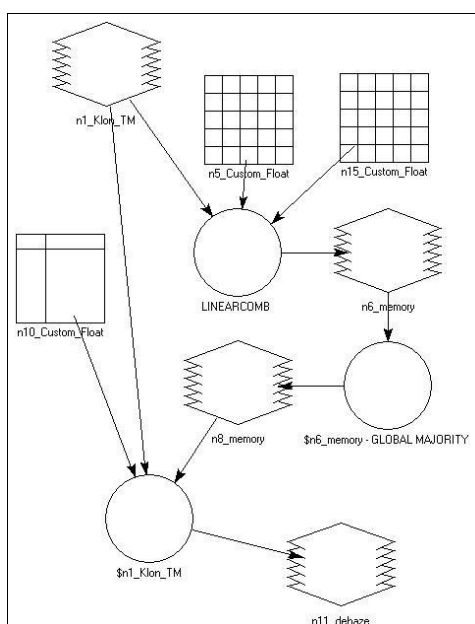
Při rozboru VPL komponent v GIS lze vysledovat postupný vývoj a různé vlivy mezi programy navzájem. Vývoj komponent je v současnosti delší více než 20 roků. V řadě případů se jedná o komponentu, která je postupně vylepšována v následujících novějších verzích (ModelBuilder, Workflow Designer, Processing Modeler). Některé komponenty zůstávají řadu let beze změny (IDRISI). U produktu ERDAS IMAGINE došlo k nahrazení starší verze zcela novou verzí s jinou koncepcí.

### PŘEHLED KOMPONENT PRO TVORBU DIAGRAMŮ TOKŮ DAT V GIS

Uvedený přehled VPL komponent pro tvorbu diagramů datových toků se v tomto článku soustřeďuje na desktopové GIS produkty. U každého produktu je uvedena historie a základní charakteristika grafické notace. Konstrukce diagramů se děje jednoduše výběrem grafických elementů nebo voleb a metodou „táhni a pusť“ se umístí symboly na plochu grafického editoru. Množství a typ operací (volaných funkcí) v komponentě úzce souvisí se základní vybaveností GIS produktu a není závislé jen na prostředí samotné komponenty.

#### Produkt ERDAS IMAGINE 2013

Komponenta Model Maker v produktu ERDAS IMAGINE byla uvedena poprvé v roce 1993 [4, 5]. Komponenta umožňuje vytvořit model, který kombinuje GIS funkce a funkce pro zpracování obrazu v jediném modelu. Grafická sada symbolů disponuje celkem sedmi různými grafickými symboly a spojnicí ve formě plné čáry, která je zakončena šipkou. Grafické symboly jsou rastr, vektor, matice, tabulka, skalár, funkce a kritériální funkce. Všechny symboly jsou černobílé (Obr. 1).

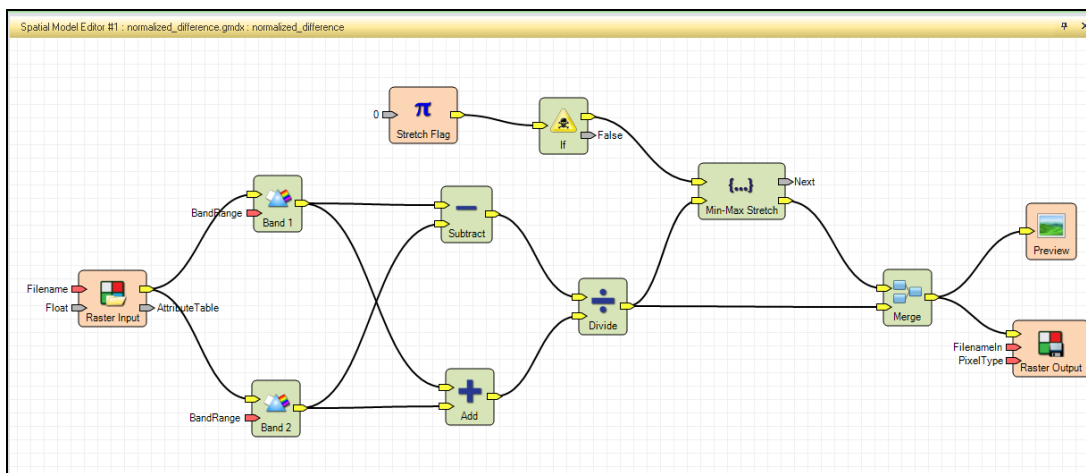


**Obr. 1.** Ukázka modelu v editoru Model Maker pro ERDAS IMAGINE

V prosinci roku 2012 byla vydána verze ERDAS IMAGINE 2013, kde byla přidána nová grafická komponenta Spatial Model Editor. Nyní jsou obě komponenty starší i novější dostupné v prostředí produktu zároveň. Nová komponenta umožňuje přímé spouštění a testování funkčnosti již v průběhu tvorby modelu.

Základním a jediným grafickým tvarem v Spatial Model Editor je obdélník se zaoblenými rohy. Obdélníky se však liší barevnou výplní. Růžová barva označuje data (vstupní/výstupní rastr, skalár, tabulku, vektor,...). Zelenou barevnou výplň mají operátory a operace (Obr. 2). Velikost obdélníků se automaticky mění podle délky vnitřního textu (šířka) nebo podle počtu portů (výška). Spojnice jsou oblé čáry, které nejsou zakončené šipkou, ale vychází/napojují se z/do portů. Oblé čáry se zakřivením automaticky přizpůsobují pozicím obdélníků. Šedé porty znázorňují barvou již nastavenou hodnotu, žluté porty jsou pro nastavená vstupní/výstupní data, červené porty jsou dosud nenastavená data. Každý obdélník má vnitřní ikonu, která znázorňuje druh dat nebo typ operace, např. ikona  $\pi$  znamená skalár. Ikony velice dobře dokreslují význam grafických symbolů. Vektorové funkce z produktu GeoMedia, které lze také využít v modelu obsahují logo produktu GeoMedia [6]. Každý symbol obsahuje vnitřní popis, který je přidán automaticky, např. název operace. Výhodou je, že vnitřní popis může být uživatelem změněn. Např. výchozí popis „Scalar Value“ lze změnit na „Scalar Value=5 (voda)“. Tím lze zlepšit čitelnost modelu a zpřesnit význam prvku.

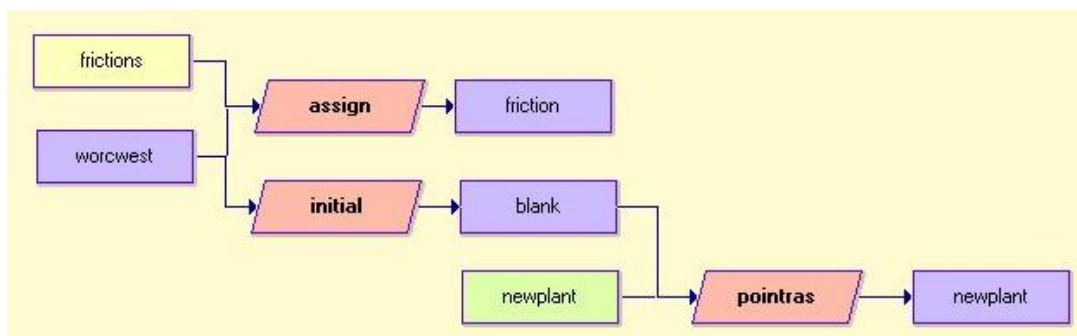
Základní odlišností starší komponenty Model Maker a novější Spatial Model Editor není jen jiná sada barevných grafických symbolů. V novější verzi jsou funkce a výrazy rozkresleny do jednotlivých dílčích symbolů, naproti tomu funkce v Model Maker byla reprezentována pouze jediným symbolem a to kružnicí. Struktura výrazu byla viditelná až v dialogovém okně po kliknutí na symbol kružnice. Tento rys novější verze vede k tomu, že dílčí části modelu zabírají více místa v rozvržení modelu, ale model je zase naopak lépe čitelný.



Obr. 2. Ukázka modelu v editoru Spatial Model Editor pro ERDAS IMAGINE 2013

**Produkt IDRISI Selva**

Komponenta Macro Modeler pro tvorbu diagramů datových toků se objevila v produktu IDRISI 32 Release 2 v roce 2001. Firma Clark Labs charakterizuje Macro Modeler v dokumentaci poslední verze IDRIS 17 (IDRISI Selva) jako grafický modelovací nástroj, kde všechny GIS moduly mohou být jako objekty dynamicky spojeny v algoritmický řetězec [7].



Obr. 3. Ukázka modelu v editoru v Macro Modeler pro IDRISI Selva

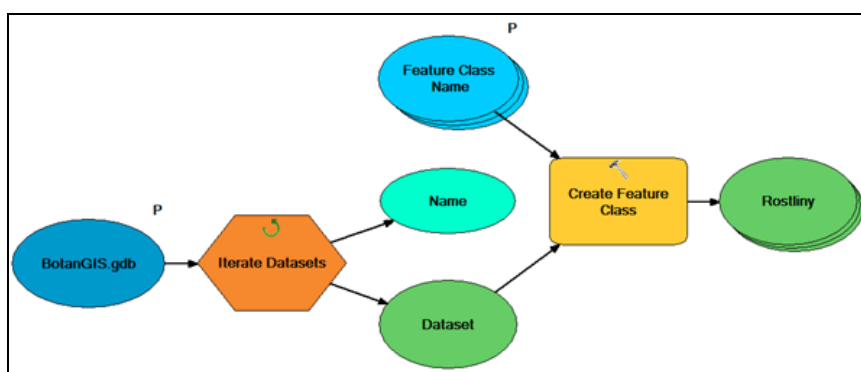
Základní grafické symboly jsou: obdélník pro data, kosodélník pro operace. Kosodélníky mají růžovou barevnou výplň. Barva výplně pro obdélníky je rozdílná podle typu dat: zelená jsou vektory, fialová jsou rasty, žluté jsou atributy. Navíc je v základní sadě symbolů ještě obdélník pro dynamickou skupinu (má červený vnitřní popis) a skupinový soubor. Nejsou použity žádné vnitřní ikony (Obr. 3). Odlišitelnost grafických symbolů je pouze barevnou výplní a tvarem, který není až tolik specifický pro jednotlivé objekty. Spojné čáry jsou buď přímé nebo automaticky zalamované o 90°. Specifickou možností je konstrukce zpětné vazby v modelu. V tomto případě je zpětná vazba naznačena červenou čarou. Je možné vložit i submodel. Popis názvů funkcí je realizován tučným písmem oproti popisu dat, který je normálním typem písma. Obsah textu v grafických prvcích uživatel nemůže měnit. Tato komponenta nedoznala během vývoje verzí IDRISI žádných podstatných změn.

## Produkt ArcGIS for Desktop 10.2

Firma Esri napodobila ideu grafického editoru Model Maker pro tvorbu diagramu datových toků z produktu ERDAS IMAGINE a vydala v roce 2004 komponentu ModelBuilder pro svůj produkt ArcGIS [5]. Komponenta ModelBuilder disponuje rozličnými grafickými symboly a to co do tvaru i barvy (Obr. 4). K dispozici je celkem osm grafických symbolů a čtyři druhy spojovacích čar. Data jsou znázorněna oválem, který má modrou barevnou výplň pro vstupní data, zelenou pro výstupní a odvozená data. Pro symbol proměnné, která je chápána také jako data, je použita tyrkysová barva pro vstupní proměnné a světle tyrkysová barva pro výstupní proměnné. Nástroje jsou znázorněny obdélníkem se zaoblenými rohy a žlutou výplní. Grafický symbol obdélníku doplňuje vnitřní ikona, která rozlišuje nástroj (kladívko), skript (smotek papíru) nebo vnořený model (diagram). Ve starších verzích řady ArcGIS 9 měl žlutý obdélník ostré rohy. Sada je doplněna symbolem oranžového šestiúhelníku s oranžovou výplní pro iterátor. Iterátor obsahuje vnitřní ikonu zelené neúplné kruhové šipky, což naznačuje opakování procesu - smyčku [8].

Grafické symboly obsahují popis, který uživatel může změnit tak, aby lépe vyjádřil význam prvku, resp. naznačil jeho parametry. Velikost symbolů se přizpůsobuje délce textu podle potřeby. Uživatel může změnit volitelně barvu výplně kteréhokoliv symbolu, stejně tak lze změnit i tvar symbolu na jiný geometrický symbol.

V diagramu lze použít čtyři typy spojovacích linií. Nejčastěji je použita plná čára, která naznačuje směr toku dat. Černá tečkovaná čára je určena pro Precondition (část diagramu před touto čarou se provádí prioritně), Dále lze použít spojnice Environment a Feedback (u iterátoru While). Linie jsou přímky, nebo lomené čáry. Lomené čáry lze vynutit nastavením. Orientace grafu je zleva doprava (výchozí nastavení) nebo lze nastavit na orientaci shora dolů. Toto je následně uplatněno při automatickém zarovnání diagramu.



Obr. 4. Ukázka modelu s iterátorem

## Produkt AutoCAD Map 3D 2014

Komponenta Workflow Designer je jednou z nejmladších komponent. Objevila se poprvé v roce 2009 ve verzi AutoCAD Map 3D 2010, tedy před 5 lety. Jednotlivé novější verze jsou vylepšovány zejména v nabídce operací, které lze do diagramu začlenit. Grafická notace zůstala beze změny. Jako jediná komponenta je postavena na technologii Microsoft Windows Workflow Foundation (WF) [9].

Symbole jsou pouze šedé velké obdélníky s vnitřním členěním. Mají vždy stejnou šířku a proměnlivou výšku. Obdélník obsahuje několikařádkový text (tři až sedm řádků) a skrývaný pruh ikon při pravém okraji obdélníku pro nastavení příslušné operace (data, parametry). V této notaci nejsou samostatně odlišeny symboly pro data a pro operace jako v předchozích notacích. Jedná se o úplně odlišný koncept. Obdélníky v diagramu vlastně představují jen operace a nastavení vstupních a výstupních dat je součástí nastavení operace.



Text v obdélníku obsahuje řadu informací. První řádka, která je tučným písmem, obsahuje název operace, další řádky obsahují název a hodnoty nastavených parametrů. První řádka je doplněna v levém horním rohu malou ilustrující ikonou, která naznačuje druh operace. V případě analytických a překryvných operací je celý proces naznačen grafickou schematicou ilustrací ve spodní části obdélníku (Obr. 5 - Perform Overlay). Jednotlivé operace je možné vyřadit ze zpracování. Symbol obdélníku má potom světle zelenou barvu barevnou výplň. Není jej tedy třeba mazat z diagramu, při zpracování je vynechán.

Orientace diagramu je vždy shora dolů. Krátké spojovací šipky jsou doplňovány automaticky a mají vždy stejnou délku. Navíc diagram obsahuje zelený symbol počátku a červený symbol konce diagramu [10]. Je tak dobře zřejmé, kde diagram začíná a končí na rozdíl od ostatních diagramů uvedených v tomto článku. Tyto symboly respektují MS Workflow Foundation.

V diagramu lze nadefinovat i paralelní procesy, potom diagram obsahuje dvě souběžné větve. Uspořádání větví je automaticky symetricky zarovnané. Lze vložit i vnořený diagram. Hotový diagram lze uložit jako samostatný XML soubor pro opakované použití. Obsah XML souboru je bez problému čitelný. Na rozdíl od modelu z ModelBuilder, který uložen jako součást uživatelského toolboxu v souboru .TBX, který není přímo čitelný.

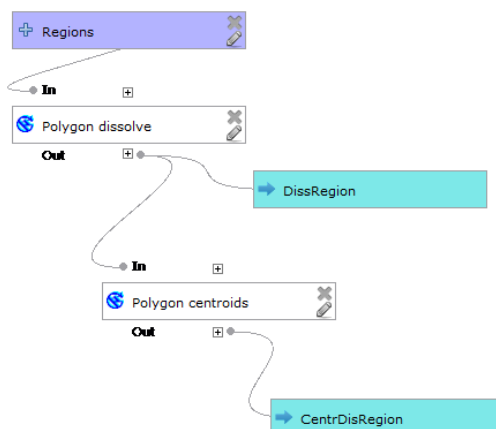
Z pohledu teoretického dělení se dělí grafické notace VPL na jednoduché a složené (kompozitní). Jednoduché symboly označují jednoduché objekty jazyka a složené symboly reprezentují komplexní prvky programovacího jazyka [11]. Podle tohoto dělení spadá notace Workflow Designer mezi kompozitní notace na rozdíl od ostatních notací uvedených v tomto článku.

**Obr. 5.** Ukázka diagramu v komponentě Workflow Designer v AutoCAD Map

## Produkt QGIS

Nejmladší komponentou je Processing Modeler v programu QGIS. Objevila se poprvé ve verzi QGIS Dufor v roce 2013. QGIS je open source GIS. Processing Modeler je tedy jediným zástupcem v oblasti open source. Avšak díky tomu, že QGIS obsahuje knihovny a plugíny jiných open source GIS, je možné do modelu v Processing Modeler vložit funkce z více produktů a to dokonce zároveň. Processing Modeler tak slouží jako společná komponenta pro řadu open source GIS softwarů.

Základním grafickým symbolem je obdélník, který je vždy stejně velký (Obr. 5). Obdélník pro vstupní data má modrou barevnou výplň, výstupní data mají tyrkysovou barevnou výplň. Operace mají bílou barevnou výplň. Obdélník pro operace obsahuje malou ikonu, která indikuje, z které knihovny je nástroj použit (QGIS, SAGA, Grass atd.). V pravé části obdélníku je ikona pro smazání a editaci. Bílá barevná výplň operace nekонтastuje s bílou plochou pozadí diagramu, což je určitou nevýhodou. Spojnice jsou oblé černé čáry, které jsou doplňovány automaticky [12]. Zakončení není šipkou, ale spojnice vychází a končí v bodech označených slovy In/Out. Ikona „plus“ slouží k rozbalení seznamu parametrů funkce. Vlastní hodnoty parametrů se ale nezobrazují. Pouhý seznam názvů parametrů není tudíž moc využitelný.



Obr. 5. Ukázka diagramu v komponentě Processing Modeler pro QGIS [12]

Vývoj komponenty je zatím spíše zaměřen na vylepšení funkčnosti než na změnu grafické notace. V první verzi bylo možné otevřít jen jeden model v modálních okně, které muselo být uzavřeno při jiné práci. Nyní je možné otevřít více modelů v samostatných oknech a tyto okna kdykoliv minimalizovat. Ve verzích z roku 2014 (Valmiera, Chugiak, Brighton) byly pouze u komponenty nahrazeny spojnice - přímé linie z první verze oblými čarami.

## ZPŮSOBY HODNOCENÍ

Vědecká skupina kolem M. Petre, G. Greena a A. Blackewella na Univerzitě v Cambridge (UK) sestavila kolem roku 1996 hodnocení, které je postavené na sledování tzv. „kognitivních dimenzí“ notace [13, 14]. Toto hodnocení je určené nejen pro vizuální programovací jazyky, ale obecně jím lze hodnotit i jakékoliv uživatelské rozhraní nebo program, třeba i textový editor. Dimenze byly postupně doplňovány a propracovány. Hodnocení je v současnosti postavené na 16 kognitivních dimenzích, pro které je sestaven dotazník ve formě tabulky [14]. Dimenze jsou např. Abstraction gradient (úroveň abstrakce), Closeness of mapping (blížkost diagramu a reality), Consistency (konzistence diagramu), Hidden dependencies (skryté závislosti v diagramu) atd. Hodnocení se provádí slovně podle otázek v dotazníku, které charakterizují jednotlivé dimenze. Popis hodnocení podle jednotlivých dimenzí se provádí slovně. Podle této teorie bylo provedeno i první hodnocení komponent v GIS produktech na našem pracovišti. Dotazník byl pro potřeby hodnocení přeložen do češtiny [15, 16]. Toto hodnocení odhalilo některé zajímavé nedostatky jako je např. chybějící grafický symbol pro začátek a konec diagramu u diagramů z ModelBuilder. Dimenze Hidden dependencies a Closeness zjišťují chybějící spojovací šipku do nástroje Calculate u ModelBuilder, podobně je to u použití vnitřních proměnných.

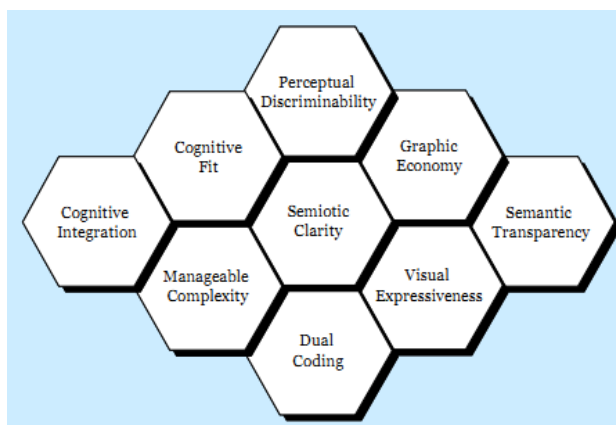
### Teorie „Physics of Notation“

V roce 2009 vystupuje Dr. Daniel Moody s velkou kritikou „kognitivních dimenzí“ a nabízí novou koncepci hodnocení podle své nově navržené teorie „Physics of Notation“ [17, 18]. Tato vědecká teorie je založena na devíti základních principech (Obr. 6) 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 notace. Principy jsou vybudovány tak, že středový princip Semiotic Clarity (sémiotická čistota) je základním a výchozím principem pro další hodnocení podle sousedících principů. Principy spolu souvisí tak, jak naznačují hrany šestiúhelníků. Čím vzdálenější princip tím se jedná o pokročilejší vlastnost. Systém principů není uzavřen a díky plástvovému uspořádání jej lze dále rozšiřovat. V současné době tato teorie stanovuje devět hodnotících principů:

1. principle of semiotic clarity – princip sémiotické čistoty,
2. principle of perceptual discriminability – princip percepční rozlišitelnosti,
3. principle of dual coding – princip duálního kódování,



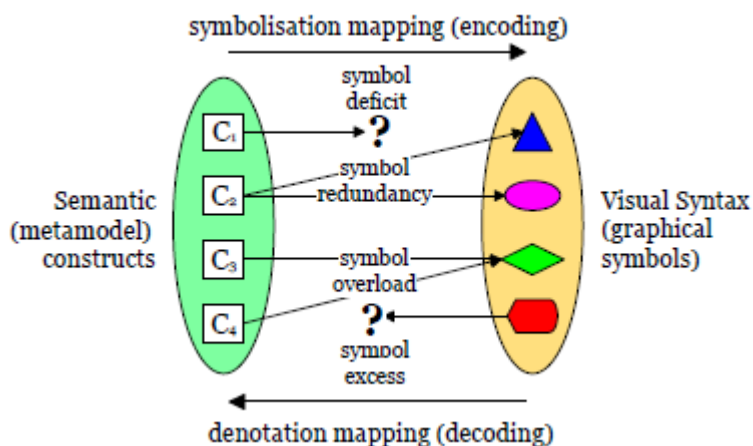
4. principle of visual expressiveness – princip vizuální expresivity (vyjádření),
5. principle of graphic economy – princip ekonomie graficky,
6. principle of semantic transparency – princip sémantické transparentnosti, zřejmosti,
7. principle of manageable complexity – princip řízení složitosti,
8. principle of cognitive fit – princip kognitivní vhodnosti,
9. principle of cognitive integration – princip kognitivní interakce.



Obr. 6. Souvislost principů teorie „Physics of Notation“

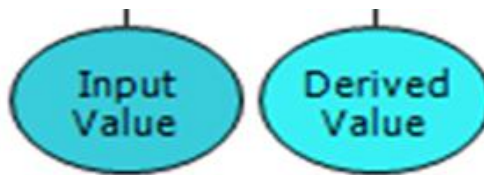
Jednotlivé principy jsou definovány a vysvětleny v článku Dr. Moodyho [18]. Tato hodnotící metoda je široce akceptována ve světě softwarového inženýrství. Počet citací v databázi SCOPUS je v současnosti 207. Podle této teorie se provádí hodnocení řady procesních modelovacích jazyků.

V uplynulém roce bylo podle této teorie provedeno detailní hodnocení čtyř modelovacích komponent v GIS: ModelBuilder, Model Maker, Macro Modeler a Workflow Designer [19, 20, 21, 22]. V tomto článku budou uvedeny jen některé principy. Provedené hodnocení vycházelo za prvé z principu zjišťování **semiotické čistoty** (semiotic clarity) (Obr. 7). Princip říká, že je nutné, aby jednomu sémantickému konstrukt odpovídal jeden grafický (syntaktický) symbol. Zde bylo zjištěno, že modrý a zelený ovál, který znázorňuje data u ModelBuilder je mírně přetížený symbol, neboť znázorňuje jak bodové, tak liniové a nebo polygonové prvky a z grafického symbolu není zřejmý typ dat. Přichází v úvahu doplnění vnitřní ikony do oválu [19]. Vysokou semiotickou čistotu má Model Maker, ačkoliv je nejstarším editorem. Sémioticky čistý je Workflow Designer i Macro Modeler.



Obr. 7 Princip sémiotické čistoty [16]

Další zajímavý princip je princip **percepční rozlišitelnosti** (perceptual discriminability). V tomto principu se sleduje, jak jednoduše a precizně mohou být grafické symboly mezi sebou rozlišeny. Dostatečnou rozlišitelností se předchází záměně symbolů. Největší vliv na rozlišitelnost má tvar symbolů, jejich vizuální vzdálenost, kontrast, velikost a redundantní kódování (rozdílný tvar a barva symbolu) [2, 18]. Rozlišitelnosti napomáhá i text uvnitř symbolů včetně jeho typografických charakteristik (tučné, kurzíva, podtržení). Textová diferenciací symbolů je běžný, ale kognitivně neefektivní způsob, jak se vypořádat s nadměrnou grafickou složitostí. Text je efektivní způsob, jak rozlišovat mezi instancí symbolů, ale ne mezi typy symbolů [18]. Percepční rozlišitelnost se provádí na základě párového porovnání symbolů. U ModelBuilder bylo zjištěno, že je téměř nerozlišitelná barva výplně symbolu pro vstupní a odvozenou hodnotu proměnné (světlejší a tmavší tón tyrkysové barvy). Jiná porovnání v této notaci princip splňují. Výrazně odlišný je symbol iterátoru (oranžový šestiúhelník). U jiných grafických notací jako je Macro Modeler a Workflow Designer tento princip není úplně dobře splněn. Překvapivě je dobře splněn u Model Maker.



**Obr. 8** Párové porovnání symbolu proměnných v ModelBuilder

Jedním z principů, který nerespektuje žádná notace je princip **řízení složitosti** (manageable complexity). Tento princip si všímá složitých diagramů tj. takových, které obsahují velký počet prvků. Zde dochází k přetížení lidského mozku. Složitost má velký vliv na kognitivní účinnost diagramu, což je množství sdělené informace, které je omezeno lidským vnímáním. Jsou zde percepční omezení (rozlišení jednotlivých prvků) a kognitivní omezení – počet prvků, které mohou být pochopeny současně to je dáno kapacitou paměti. Krátkodobá paměť je schopna udržet kolem sedmi (plus mínus dva) grafické prvky. Grafické notace mají obecně možnost toto řešit pomocí *modularizace* – velký diagram se rozdělí na několik menších částí (subsystémů), Subsytémy pak jsou reprezenovány jedním zástupným jednoduchým symbolem. Druhé řešení je *hierarchická strukturalizace* – umožňuje zobrazení diagramu v různých úrovních detailu, kdy jednotlivé části jsou volitelně sbaleny/rozbaleny. Systém modularizace a hierarchické strukturalizace není zatím implementován v žádné VPL komponentě pro GIS.

Aplikovat závěry zjištěné hodnocením podle principů teorie „Physics of Notation“ lze jen částečně a to tam, kde uživatel může měnit barvy, tvar nebo textový popis grafických elementů. Do některých grafických notací nelze vůbec zasáhnout, neboť jsou hotovým, uzavřeným produktem. Nicméně lze zvýšit efektivní notaci dalšími podpůrnými jednoduchými prostředky jako je zarovnávání diagramů k mřížce (ručně nebo automaticky). Vliv má i vhodné pojmenování dat (pokud nelze přejmenovat dodatečně symbol v diagramu). Dále je experimentálně studiem zjištěno, že symetrický diagram s minimálním počtem křížení spojných čar a minimem lomených čar je vždy lépe čitelný a pochopitelný. Je třeba ale také varovat před přílišnou kreativitou uživatelů, která může vést až k nečitelnosti diagramu (definice velkého množství symbolů, které jsou následně špatně rozlišitelné) [20].

## EYE-TRACKING TESTOVÁNÍ DIAGRAMŮ

Katedra geoinformatiky disponuje laboratoří pro snímání pohybu očí. Laboratoř je vybavena snímačem SMI RED 250 a sadou programů SMI Experiment Suite™ 360° pro vyhodnocování měření. Stimulem při eye-tracking testování může být libovolný obrázek. Diagramy toků dat lze tedy také tímto způsobem testovat. Účelem testování bylo ověřit nebo vyvrátit výsledky zjištěné pomocí teorie „Physics of Notation“, popř. zjistit i další nové informace o způsobu čtení diagramů uživateli a jejich zjišťování informací z diagramu.

### Struktura testů a respondenti

Byly nachystány čtyři samostatné testy pro eye-tracking testování, které testovaly diagramy těchto komponent: Model Maker, Macro Modeler, ModelBuilder a Workflow Designer. V rámci každého testu byly nachystány různě složité a uspořádané diagramy. Byla snaha vypracovat i obdobné diagramy řešící stejné



úlohy v různých komponentách. Nebylo však možné nachystat úplně stejné úlohy z důvodu rozdílné funkčnosti komponent (iterátorem disponuje pouze ModelBuilder, paralelní zpracování lze vytvořit jen ve Workflow Designer atd.).

Každý test obsahoval dvě hlavní části. První část obsahovala 12 diagramů, kdy byl respondentům promítán každý diagram dvě sekundy. K diagramům nebyla žádná doprovodná otázka, ani se nevyžadovala žádná interakce od respondenta. Zde se pouze zaznamenal pohyb očí. Druhá část testu obsahovala 12 diagramů, kde každý diagram byl doprovázen otázkou, které vyžadovala odpověď respondenta. Respondent odpovídal formou kliku myši na hledané prvky v diagramu nebo textem z nabízených odpovědí. Otázky byly například: „Označte vstupní rastr.“, „Označte shodné funkce.“, „Označte nenadefinovanou funkci.“, „Označte konec diagramu.“, „Kolik je vstupních prvků?“, „Je výstup stejného typu jako vstup?“, „Kolik GIS operací provádí tento diagram?“ atd. Zaznamenával se pohyb očí, čas odpovědi a vlastní odpověď, kde se následně vyhodnocovala správnost odpovědi.

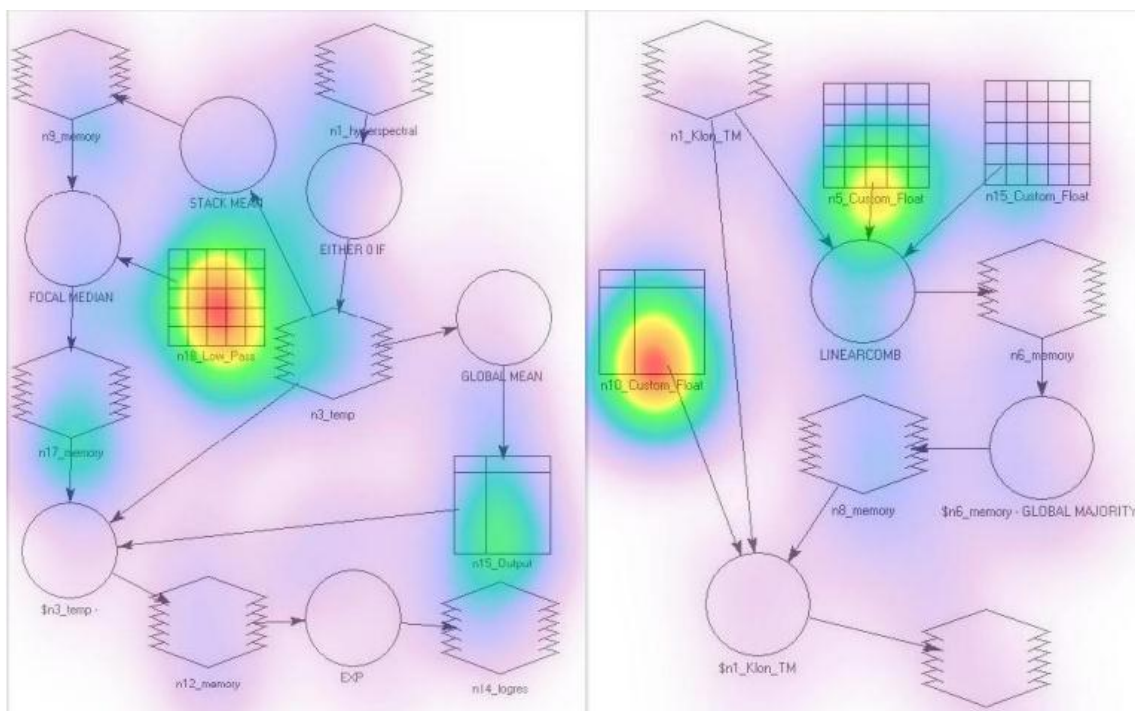
Respondenti byli studenti bakalářského oboru Geoinformatika a geografie (2. ročník) a magisterského oboru Geoinformatika (1. ročník). Před testováním bylo nutné zajistit dobré znalosti a praktické dovednosti studentů s uvedenými komponentami. To se zajistilo ve spolupráci s výukou v různých předmětech. Testování probíhalo postupně na podzim roku 2013 a na jaře roku 2014 v souladu s realizovanou výukou těchto komponent. Pro každou komponentu bylo testováno asi 16 až 24 studentů.

### Výsledky eye-tracking testování

Výsledky testů byly zpracovány pomocí dodaného programu SMI Be Gaze, který je součástí sady SMI Experiment Suite™ 360°. Dále byl použit open source program Ogama k vizualizaci výsledků. Pro statistické hodnocení byl použit program RStudio.

V rámci základního statistického vyhodnocení testování se zjistily počty správných, špatných a částečných odpovědí pro každou otázku v každém testu. Dále se spočítal průměrný čas odpovědi u každé otázky z časů odpovědi všech respondentů. Dále se porovnály časy pro různé typy diagramů u stejných druhů otázek („Označte vstupní data.“). V rámci statistického zpracování se testovala podobnost grafických symbolů v rámci grafické notace každé komponenty. Pomocí Kruskal-Wallisova testu byla testována párová podobnost symbolů na základě naměřených časů odpovědi. Výsledky rozdílnosti symbolů po dvojicích většinou potvrdily výsledky zjištěné aplikací principů sémiotické čistoty, vizuální expresivity a percepční rozlišitelnosti. Řada výsledků získaných při aplikaci teorie „Physics of Notation“ se tedy potvrdila. Nicméně některá testování objevila i slabiny notací, které nebyly pouhou aplikací principů odhaleny. Výsledků je velké množství a tak bude uveden jeden příklad.

V Macro Modeleru pro ERDAS se jeví, že symbol tabulky a matice jsou dobře rozlišitelné objekty, které by měly být snadno rozpoznatelné, protože jejich vzhled přímo odkazuje na jejich význam (princip sémantické zřejmosti – tvar naznačuje, co prvek znamená). Při testování bylo odhaleno, že uživatelé nejsou schopni tyto objekty tak snadno rozpoznat. Byly nachystány dva diagramy, kdy v prvním měli myši označit tabulku a v druhém diagramu matici. Na „heat“ mapách (mapy pozornosti, které znázorňují délku a počet fixací pohledu všech respondentů) je jasně vidět, že více fixací měl vždy opačný objekt (obr. 9). Tedy při označení matice se uživatelé fixovali více na tabulku a naopak při označení tabulky fixovali spíše na matici [20]. Zdá se, že se respondenti ujišťovali o rozdílu mezi prvky. Nicméně u obou otázek převažuje počet správných odpovědí. Na diagram na obr. 9 vlevo bylo zodpovězeno 12x správně z celkového počtu 16 odpovědí. Na diagram na obr. 9 vpravo bylo zodpovězeno 13x správně z celkem 16 odpovědí [20].



Obr. 9 Heat mapa pro nalezení tabulky (vlevo) nalezení matice (vpravo) [20]

## ZÁVĚR

Příspěvek přinesl aktuální stav výzkumu v oblasti grafických notací diagramů datových toků pro GIS, kterému je věnována pozornost na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. Je zřejmé, že producenti začleňují komponenty pro tvorbu diagramů datových toků do svých produktů již řadu let. Dochází i k inovacím těchto komponent. Předmětem zájmu uvedeného výzkumu je hodnocení grafické notace z hlediska kognitivní efektivity. Zatím byly zhodnoceny čtyři komponenty a to pomocí teorie „kognitivních dimenzí“ a pomocí teorie „Physics of Notation“, která je obecně přijímána jako vhodnější. Detailní hodnocení jsou dostupná v článcích [12, 15, 16, 19, 20, 21, 22]. V textu tohoto článku jsou zmíněna hodnocení jen podle tří principů teorie „Physics of Notation“. Z hlediska principu sémiotické čistoty lze zjistit mírné přetížení symbolů v ModelBuilder. Percepční rozlišitelnost je horší u Macro Modeler a Workflow Designer. Princip řízení složitosti, který umožňuje vizuálně a funkčně dělit diagram na podčásti není dosud implementován v žádné komponentě pro diagramy datových toků v GIS. Alternativně bylo provedeno testování diagramů v eye-tracking laboratoři, které potvrdilo některé výsledky hodnocení podle teorie „Physics of Notation“.

Univerzitní výzkum bude pokračovat v oblasti dalšího návrhu doporučení na zlepšení některých notací. Dále plánujeme testování v eye-tracking laboratoři komponenty Processing Modeler z produktu QGIS a Spatial Model Editor z produktu ERDAS IMAGINE. Určitou výzvou pro testování je oblast estetiky diagramů, která je v současnosti také diskutována ve světové odborné literatuře.

## PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vytvořen za podpory projektu Operačního programu vzdělávání pro konkurenceschopnost - Evropský sociální fond (projekt CZ.1.07/2.3.00/20.0170 Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy České republiky).

## LITERATURA

1. Moody, D., Hillegersberg, J.: Evaluating the Visual Syntax of UML: An Analysis of the Cognitive Effectiveness of the UML Family of Diagrams. In: Gasevič, D., Lammel, R., Van Wyk, E. (eds.) SLE 2008. LNCS, vol. 5452, pp. 16–34. Springer, Heidelberg (2009)
2. Moody, D. The Art (and Science) of Diagramming: Communicating Effectively Using Diagrams, Full day tutorial at VL/HCC symposium 2012, Innsbruck
3. Johnston, W.M.; Hanna, J.R.P. and Millar, R.J. (2004). "Advances in dataflow programming languages". ACM Computing Surveys 36 (1): 1–34.
4. ERDAS IMAGINE Ad, PE&RS May 1993. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), Bethesda, Maryland, p. 568.
5. ERDAS IMAGINE, [http://en.wikipedia.org/wiki/Erdas\\_Imagine#ERDAS\\_IMAGINE\\_Spatial\\_Modeler](http://en.wikipedia.org/wiki/Erdas_Imagine#ERDAS_IMAGINE_Spatial_Modeler), cit. 5. 5. 2014.
6. ERDAS IMAGINE, cit. 5. 9. 2014, [http://www.geosystems.de/infomaterial/2\\_Produktinfos/ERDAS-IMAGINE/IMAGINE\\_Basis/IMAGINE2015\\_Brochure\\_engl.pdf](http://www.geosystems.de/infomaterial/2_Produktinfos/ERDAS-IMAGINE/IMAGINE_Basis/IMAGINE2015_Brochure_engl.pdf)
7. IDRISI Brochure.. <http://www.clarklabs.org/applications/upload/IDRISI-Selva-GIS-Image-Processing-Brochure.pdf>, cit. 24. 4. 2104
8. ArcGIS Help 10.2. A quick tour of using iterators. cit 30. 6. 2014, <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#//002w0000001w000000>
9. Microsoft. Windows Workflow Foundation, <http://msdn.microsoft.com/en-us/netframework/aa663328>, cit. 18. 9. 2014
10. Autodesk. Workflow Designer, <http://knowledge.autodesk.com/support/autocad-map-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/MAP3D-Use/files/GUID-4A46DA73-0434-4739-AB1A-007E737F12D7-htm.html>, cit. 10. 9. 2014
11. Kulkarni, G., Sathyaraj, R. A Survey on Graphical Programming Systems. Compusoft 3(4), April 2014, 709-713 p., ISSN 2320-0790
12. Dobešová, Z. (2014) Data Flow Diagrams in Geographic Information Systems: A Survey, Conference Proceedings SGEM 2014, 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Volume I, STEF92 Technology Ltd. Sofia, Bulgaria, 17-26 June, 541-548 s. ISBN 978-671-7105-10-0. DOI: 10.5593/sgem2014B21.
13. Green, T. R. G., Petre, M. (1996) Usability analysis of visual programming environments: A Cognitive Dimensions Framework". Journal of Visual Languages and Computing. 7. pp. 131–174.
14. Blackwell. A. F. Cognitive Dimensions of Notations Resource Site. <http://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/CognitiveDimensions/index.html>, cit 1. 10. 2014.
15. Kudělka V. (2013) Srovnání vizuálního programování v GIS produktech podle kognitivních dimenzí, bakalářská práce, Katedra geoinformatiky Univerzita Palackého, Olomouc.
16. Dobešová, Z., Dobeš P. (2012) Comparison of Visual Languages in Geographic Information Systems .Eds.: Erwing, M., Stapleton, G., Costagliola, G., Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages and Human Centric Computing, VL/HCC 2012 IEEE, Innsbruck, Austria, 245-248s. ISBN 978-1-4673-0850-2, ISSN 1943-6092
17. Moody, D.(2010) The Physics of Notations: A Scientific Approach to Designing Visual Notations in Software Engineering, ICSE'10, Cape Town, South Africa, 2010.
18. Moody, D. (2009) 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.

19. Dobešová, Z. (2013) Using the “Physics” of Notation to Analyse ModelBuilder Diagrams, Proceedings of SGEM 2013, 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Volume I, STEF92 Technology Ltd. Sofia, Bulgaria, 595–602s. ISBN 978-954-91818-9-0, DOI: 10.5593/SGEM2013/BB2.V1/S08.039.
20. Zieglerová J. (2014) Vyhodnocení eye tracking testování vizuálních programovacích jazyků, diplomová práce, Katedra geoinformatiky Univerzita Palackého, Olomouc.
21. Dobešová, Z., Dobeš, P. (2014) Differences in visual programming for GIS, Applied Mechanics and Materials, Vols. 519-520, Computer and Information Technology Trans Tech Publications, Switzerland, 2014.
22. Dobešová, Z. (2013) Strengths and weaknesses in data flow diagrams in GIS, International Conference on Computer Sciences and Applications, CSA, IEEE, Computer Society, Wuhan, China, Dec. 14th-15th, 2013, 803-807s. ISBN 978-0-7695-5125-8, DOI 10.1109/CSA.2013.192.