

PROBLEMATIKA MODELOVACÍCH ÚLOH – ROLE STRATEGIÍ PŘI PROCESU TRANSFORMACE MENTÁLNÍ PŘEDSTAVY DO FORMÁLNÍ REPREZENTACE

Jakub Geyer

Abstrakt

Při řešení modelovacích úloh, které se velmi často vyskytují v informatických oborech, studenti často selhávají bez ohledu na znalost formálního modelu. Patrné je to zejména při řešení komplexních úloh, kde studenti nejsou schopni dojít k přijatelnému výsledku vůbec, nebo se značnými obtížemi a v nepřiměřeném čase. A to i přes to, že typově podobné dílčí úlohy již dříve úspěšně řešili. Příčinou může být chybně zvolená modelovací strategie pro vytvoření mentální představy (a její případné dotváření v průběhu modelování) či její absence. Rovněž tak chybějící či nevhodně zvolená strategie pro formalizaci této představy do formální reprezentace – modelu. V článku jsou prezentovány dosavadní výsledky literární rešerše, závěry předvýzkumu na 10 studentech, formulace cílů, hypotéz a metodiky pro následný výzkum.

Klíčová slova

Modelování, úlohy, model, strategie, informatika, 3D, výuka

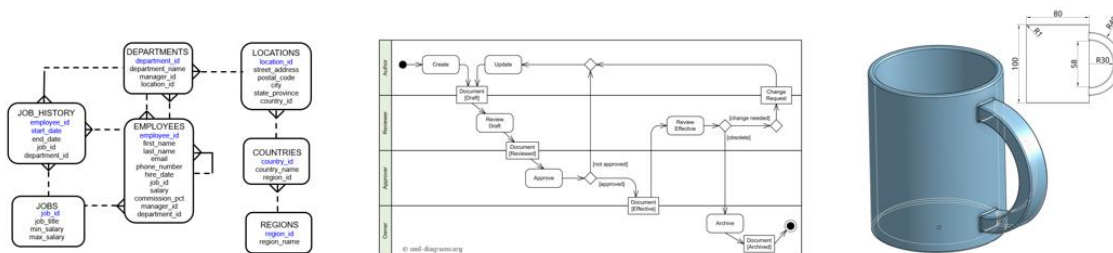
1 Úvod

Ve výuce informatiky a příbuzných oborů často narážíme na specifický typ úloh, kde je v rámci aktivity vytvářen model. Model lze v kognitivní rovině chápat jako představu člověka o reálné skutečnosti (ať už současné či budoucí). Je to soubor znalostí o části světa/reality, které je možné zaznamenat prostřednictvím vhodného popisného jazyka [1]. Může se přitom jednat o zjednodušenou či generalizovanou reprezentaci [2]. Proces tvorby modelu – modelování, lze proto chápat jako proces transformace mentální představy člověka do formální reprezentace.

Mentální představa (mentální model) se utváří v závislosti na vědomostech, do nichž se promítá příslušná kulturně a historicky podmíněná předloha. Obsahuje kognitivní zpracování informací o daném předmětu na příslušné vývojové úrovni kognitivní výbavy jedince [3]. Mentální modely lze rozdělit na vnitřní a vnější. V případě vnějšího modelu se jedná o představu něčeho důvěrně známého z každodenního života (např. písmena) či s obecně uznávanou pevnou definicí (např. obraz Mona Lisa, rovnostranný trojúhelník). Naproti tomu u vnitřního modelu se jedná o reprezentace, které si utváří jedinec sám na základě vlastních zkušeností. [4]

Formální reprezentace znalostí umožňuje pracovat se znalostmi tak, že zavádí určitý formalismus (reprezentační jazyk), schopný odrážet vztah mezi znalostmi o světě uloženými v lidských myslích, a znalostmi zapsanými formálními prostředky. Formální reprezentace proto také zprostředkovává přenos informací mezi uživateli znalými

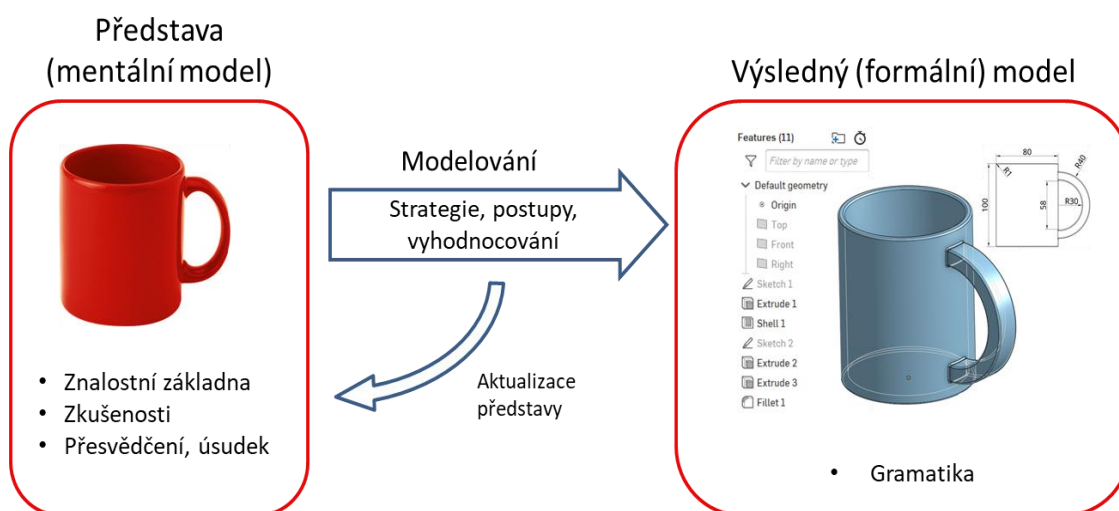
formálními konkrétního reprezentačního jazyka [5]. V širších souvislostech je tak možno na model nahlížet jako na formalizovanou mentální představu s použitím reprezentačního jazyka (v informatice například pomocí UML).



Obrázek 1 – Příklad formální reprezentace modelů v informatice

Modelovací úlohy můžeme v informatice nalézt například v doménách: databáze, programování, CAD, počítačové sítě, apod. Na rozdíl od problémových úloh (problem-solving) jsou zde cíle a parametry úlohy dynamické a v rámci modelování může docházet k jejich modifikaci v rámci postupného dotváření/zpřesňování modelu. To je způsobeno změnami v chápání reality v průběhu modelování (dochází ke změnám v mentální představě). [6]

Díky této dynamičnosti modelovacích úloh lze předpokládat zvýšený význam strategií pro úspěšné a „přímocaré“ (časově a úkolově optimální) řešení modelovacích úloh, stejně jako nutnost četného vyhodnocování průběžného stavu a cílů [6] [7].



Obrázek 2 Schéma procesu 3D modelovacích úloh

Příkladem známých strategií mohou být například *rozděl a panuj*, *iterativní přístup*, *important first* (nejdříve to hlavní, ignorovat vše méně důležité), *zleva doprava / odspoda nahoru, od středu* (od jádra), apod. Dále lze za součást uvažovat také podpůrné metody (doplňující tyto strategie), např. *abstrakce*, *redukce*, *analogie*, *heuristika*. U některých strategií je možné spatřovat překryv se strategiemi problémových úloh, což je způsobeno (jak popisuje v souhrnném článku Zawojewski [6]) doposud ne zcela objasněným vztahem mezi problémovými a modelovacími úlohami.

2 Předvýzkum

Jako součást předvýzkumu proběhl sběr dat v rámci výuky kurzu *3D modelování a tisk*. Zdrojová data obsahují 3D modely deseti studentů, test mentálních rotací (MRT) a polostrukturovaný rozhovor. Každý student vypracoval 3 parametrické modely („žeton“, „dvojdílná kostka“, „dům“) na základě společného zadání v parametrickém CAD programu OnShape. Pro analýzu postupů a strategií studentů při 3D modelování je ideální využití parametricky zaměřeného CAD software, neboť je zde k dispozici *features list* (list funkcí/úkonů), ze kterého je možné analyzovat postup tvorby modelu (u čistě neparametricky zaměřených CAD programů tento nebývá) [8]. Nejsou zde však k dispozici smazané funkce („slepé cesty“ při tvorbě modelu), pro budoucí výzkum je tak vhodnější použití videozáznamu / snímání obrazovky. Výhodou obrazového záznamu je také možnost analyzovat tvorbu modelů v neparametrickém modelování nebo modelování v jiných doménách (např. tvorbu entity-relationship diagramů, aktivity digramů, apod.).

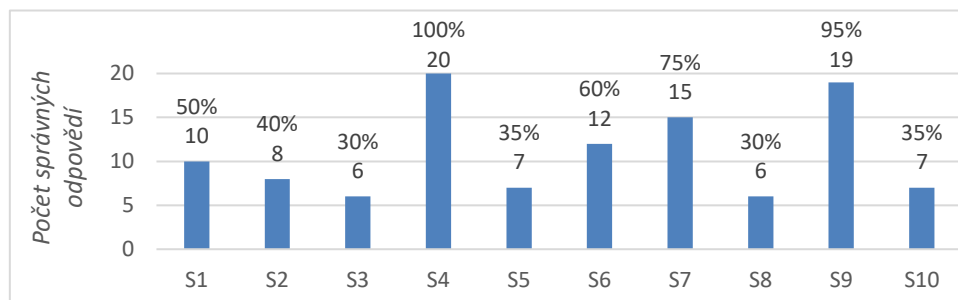
Pro bližší pochopení postupu studentů, problémů, s kterými se potýkali a mentální představě o modelu byl připraven polostrukturovaný rozhovor s následujícími klíčovými otázkami (které byly studentům pro lepší pochopení dovysvětleny včetně příkladů):

- 1) Jaký vliv na vaši orientaci měla rostoucí komplexnost modelů?
- 2) Popište způsob přenesení vašich představ do formálního modelu. Uveďte největší problémy, kterým jste při tomto procesu čelili.
- 3) Odpovídá výsledný formální model vaší původní představě? Kde a proč jste případně museli změnit model nebo představu?
- 4) Jakým způsobem jste při tvorbě modelu postupovali? Měli jste pro postup určenou nějakou „strategii“?

Test mentálních rotací byl zvolen za účelem analýzy, zda zvyšující se komplexnost úloh má souvislost s prostorovým vnímáním studentů. [9]

2.1 Analýza dat a diskuse

Při analýze dat bylo užíváno především kvalitativních výzkumných metod [10]. *Listy funkcí* z jednotlivých modelů byly induktivně kódovány do bloků (skupin úkonů zaměřených na konkrétní funkční celky modelu). Následně ve vztahu k odpovědím z rozhovorů byly dedukovány možné užité postupy a strategie. Data z MRT byly zpracovány statisticky, výsledky jsou zpracovány v grafu na obr. 1. Data byla s ohledem na jejich povahu anonymizována a studenti jsou tak označení jako S1 až S10.



Obrázek 3 - Graf výsledků testu mentálních rotací

Z analýzy listů funkcí vyplývá, že studenti postupovali při řešení, zejména u jednoduššího modelu *žeton*, značně podobně. Naopak u komplexnějších modelů *dvojdílná kostka* a *dům* lze spatřovat značné rozdíly a častou nesouvislost při postupu (např. modelování detailů, které později komplikují modelování celku) nebo neprovázanost některých funkcí a časté skoky z modelování jedné části na druhou. Tyto problémy lze i v odpovědích studentů, například:

S6: „Mám problém s tím, že si to špatně rozvrhnu. Mám představu o tom, co chci udělat, ale začnu třeba ze špatného konce a když dojdou do půlky, tak najednou nemohu pokračovat tak, abych to dobře dokončil. Musím tak například začít od znova nebo udělat velké změny. Přestože tedy představu mám, vybírám asi špatný postup.“

S1: „Neumím si tam představit ty souvislosti s tiskem nebo přichycením (vnější vlivy na model)... nebo na to často zapomínám a musím se k tomu vracet.“

S7: „Já něco modeluji a ono to přestává vypadat jako to, co jsem původně myslel... Nakonec modeluju ve výsledku něco jiného, s čím jsem ale spokojen.“

S4: „Někdy uprostřed (modelování) si uvědomím, že tady budu potřebovat třeba díru, která tam původně vůbec nebyla (nebyla součástí původní představy).“

Na otázku 4 odpověděli prakticky všichni studenti shodně, že žádný postup ani strategii rozmyšlenou předem neměli. Přesto bylo možné náznaky strategií v některých odpovědích spatřovat:

S1: „Začnu od spodu a postupně modeluji nahoru.“

S8: „Modeluji zvlášť jednu část a potom druhou... nakonec to spojím dohromady.“

Z odpovědí studentů je možné indukovat několik jevů. Často se zde objevuje přehodnocení/změny původní představy (mentálního modelu) během modelování, což lze považovat za jeden z vymezujících rysů modelovacích úloh, jak je popisuje J. Zawojewski [6]. Rovněž je zde patrná zvyšující se odlišnost v postupech mezi studenty s narůstající komplexností modelů. Stejně tak narůstá množství chybovosti (slepých cest a neproduktivních odboček). Zároveň se ale ukazuje, že pokud si student (alespoň podvědomě) stanovil předem nějakou strategii (například si model rozdělil na více celků – strategie „rozděl a panuj“), chybovost zde výrazně klesá. V extrémních případech vedlo zvolení nevhodné strategie nebo její absence k nedokončení úlohy v čase, který byl k dispozici (nutnosti „zahození“ modelu a čistého startu). K tomuto jevu došlo minimálně v 5 případech z odevzdaných 28 úloh (2 úlohy nebyly odevzdány pro absenci studentů).

Souvislost mezi prostorovou složkou inteligence a postupy při modelování se v rámci předvýzkumu nepodařilo nalézt, přestože některé publikace poukazují na možný přesah právě prostorové inteligence do jiných oblastí analytického myšlení, např. dekompozice úkolu a usuzování založené na pravidlech (rule-based reasoning) [11]. Je však zapotřebí zdůraznit, že se jedná o velmi malý vzorek s omezeným množstvím dat.

3 Návrh výzkumu

Z literární rešerše a předvýzkumu vyvstává potřeba hlubšího porozumění role strategií u modelovacích úloh. Uvažujeme-li strategie jako techniky, které přestože negarantují úspěšné řešení úlohy, tak ale slouží jako nástroj, který nás provádí procesem řešení

problému (jak je definuje E. Mayer [12]); absence těchto strategií v modelovacích úlohách může mít velmi negativní dopad. Naopak vhodně aplikované strategie mohou zejména nezkušenému řešiteli výrazně pomoci v průběhu modelování i při dotváření mentálního modelu. Rovněž zde vyvstává otázka, jakým způsobem je možné efektivně podpořit porozumění strategiím a jejich úspěšnou aplikaci.

Jednou z možností je výuka strategií na 3D modelovacích úlohách. Benefitem těchto úloh je především dobrá vizualizace, což (jak některé výzkumy naznačují [7] [13]), může být jedním z klíčových aspektů pro chápání modelovacího procesu a strategií. Z tohoto přístupu však vyplývá nutnost ověření možností přenositelnosti portfolia strategií a schopnosti jejich aplikace napříč doménami, ve kterých se tyto úlohy vyskytují.

3.1 Výzkumná očekávání

S ohledem na literární rešerši byla pro výzkum stanovena tato výzkumná očekávání:

- 1) Široké aktivní portfolio modelovacích strategií a vhodně zvolená strategie, umožňuje řešení komplexních modelovacích úloh nebo přispívá k jejich efektivnější realizaci.
- 2) Řešení modelovacích úloh je ovlivněno složkami inteligence jedince v závislosti na typu úlohy.
- 3) Strategie osvojené v jedné doméně dokáže student zobecnit a aplikovat i při řešení modelovacích úloh z jiné domény.

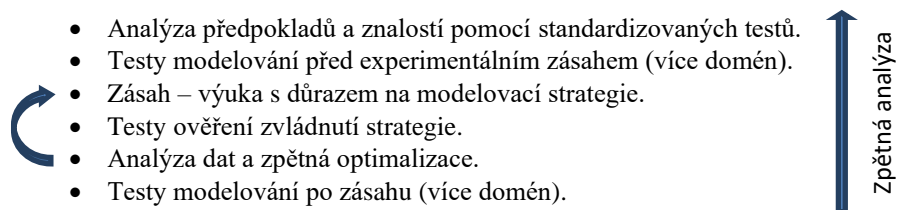
3.2 Cíle výzkumu

Cílem výzkumu je rozpracování problematiky transformace mentální představy do formální reprezentace, možnosti podpory této transformace ve vzdělávání a identifikace významných faktorů ovlivňujících tento proces s důrazem na strategie řešení modelovacích úloh, možnosti jejich zobecnění a přenositelnost. Pro naplnění těchto cílů byly definovány následující úkoly:

- 1) Vymezit problémovou oblast procesu transformace mentálního modelu do formální reprezentace.
- 2) Identifikovat specifika procesů modelování v různých typových úlohách z různých domén ve výuce.
- 3) Charakterizovat hlavní strategie řešení modelovacích úloh.
- 4) Ověřit význam portfolia strategií pro řešení modelovacích úloh.
- 5) Ověření možností zobecnění, podpory a přenositelnosti modelovacích strategií ve vzdělávání.

3.3 Metodika

Při výzkumu bude použito kombinovaného kvalitativního a kvantitativního přístupu [14]. Bude se jednat o akční výzkum s prvky experimentálního výzkumu. Data budou zkoumána především prostřednictvím kvalitativních metod: induktivní kódování a hloubková analýza. Porovnání testů v jednotlivých etapách bude prováděno statistickými metodami.



Obrázek 4 – Zjednodušené schéma průběhu výzkumu

Výzkum se uskuteční na studentech informatiky na Jihočeské Univerzitě v Českých Budějovicích. Výzkum proběhne na dvou skupinách studentů v rámci předmětů *3D modelování a tisk* a *Databáze*. Základním předpokladem přitom bude, že studenti již mají znalosti z cílových domén a ovládají gramatiku formální reprezentace (výzkum tak bude probíhat v závěrečné části semestru resp. po ukončení standardní výuky). Předpokládaný počet účastníků je 10-15 studentů v obou skupinách.

Na začátku budou obě skupiny podrobeny testování pomocí standardizovaných testů zaměřených na složky inteligence (především analytickou, prostorovou a logicko-matematickou inteligenci). Současně proběhnou testy na modelovacích úlohách v obou zkoumaných doménách na úlohách se stupňující se náročností, aby bylo možné jednak určit výchozí stav a současně analyzovat postupy při modelování před zásahem. Rovněž proběhnou doplňkové rozhovory.

Následně proběhne edukace studentů v oblasti strategií v jedné z domén (rozdílné pro testované skupiny). Jednotlivé strategie budou postupně vyučovány na typizovaných úlohách, po kterých vždy proběhne testování porozumění a schopnosti aplikace strategie. Na závěr proběhne opět testování na úlohách z obou domén a doplňkové rozhovory.

Pro sběr dat budou použity standardizované testy a dotazníky (měření složek inteligence), videozáznam/snímání obrazovky pro modelovací úlohy a rozhovory (především polostrukturované). Rozhovory budou sloužit zejména pro lepší pochopení postupů studentů a jejich motivace u modelovacích úloh.

Pro analýzu modelovacích úloh bude použito induktivní kódování, kde budou úlohy na základě *listů funkcí* a obrazových záznamů kódovány do popisných scénářů, které budou následně analyzovány společně s výsledky rozhovorů. Všechna data budou zpětně zkoumána z pohledu změn v modelovacích postupech v souvislosti s použitými strategiemi a složkami inteligence studentů.

4 Závěr

Začátek empirického výzkumu je plánován na letní semestr 2021. Z literární rešerše a předvýzkumu je patrný význam strategií v modelovacích úlohách a potenciál pro hlubší výzkum. Především generalizace a přenositelnost strategií mezi doménami (nebo naopak nepřenositelnost) může přinést důležitá poznání a přispět k rozvoji didaktiky v informatických i dalších oborech obsahujících modelovací úlohy.

Literatura

- [1] J. Dostál, „MODELÝ, MODELOVÁNÍ A SIMULACE VE VZDĚLÁVÁNÍ,“ *Journal of Technology and Information Education*, č. 3/2011, Volume 3, 2011.
- [2] B. Sabitzer a S. Pasterk, „Modeling: A Computer Science Concept for General Education,“ v *Frontiers in Education (FIE) Conference*, 2015.
- [3] M. Sedláková, Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie, ISBN 80-247-0375-0: Grada, 2004.
- [4] R. J. Sternberg, Kognitivní psychologie, ISBN 80-7178-376-5: Portál, 2002.
- [5] A. Lukasová, H. Habiballa, Z. Telnarová a M. Vajgl, Formální reprezentace znalostí, ISBN 978-80-7368-900-1: Ostravská Univerzita, 2010.
- [6] J. Zawojewski, „Problem Solving Versus Modeling,“ v *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies*, ICTMA 13, Springer, 2010, pp. 237-243.
- [7] D. Koch a M. Sanders, „The Effects of Solid Modeling and Visualization on Technical Problem Solving,“ *Journal of Technology Education*, č. Vol. 22 No. 2, 2011.
- [8] „What's the Difference Between Parametric and Direct Modeling?,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.engineering.com/story/whats-the-difference-between-parametric-and-direct-modeling>. [Přístup získán 01 2021].
- [9] S. G. Vandenberg a A. R. Kuse, „Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization,“ *Perceptual and Motor Skills*, pp. Volume: 47 issue: 2, page(s): 599-604 , 1978.
- [10] F. Ochrana, Metodologie, metody a metodika vědeckého výzkumu, EAN: 9788024642000: Karolinum, 2019.
- [11] M. Hegarty, „Components of Spatial Intelligence,“ v *Psychology of Learning and Motivation*, 2010, Volume 52, Chapter 7, pp. 265-297.
- [12] R. E. Mayer, Thinking, Problem Solving, Cognition, ISBN13: 9780716722151, 1983.
- [13] S. A. Kostousov a I. V. Simonova, „Visual modeling for exploratory problem solving on computer science lesson,“ v *16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA)*, 2019.
- [14] R. Švaříček, K. Šedřová a kol., Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách, Portál, 2014.

Mgr. Jakub Geyer

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Jeronýmova 10
371 15 České Budějovice
Česká republika
e-mail: geyer@jcu.cz