

VYUŽITIE TECHNOLOGIE ROZŠÍRENEJ REALITY PRI TVORBE A RIEŠENÍ SLOVNEJ ÚLOHY Z MATEMATIKY ŠTUDENTMI UČITEĽSTVA PRE PRIMÁRNE VZDELÁVANIE

Jana HNATOVÁ¹

¹Prešovská univerzita v Prešove, Pedagogická fakulta (SR)

jana.hnatova@unipo.sk

Abstrakt

Technológia rozšírenej reality patrí medzi moderné a v súčasnosti už aj dostupné technológie umožňujúce zmysluplne využívať inteligentné mobilné zariadenia (smartfóny, tablety) v pregraduálnej matematickej príprave študentov učiteľstva pre primárne vzdelávanie. Príspevok obsahuje zistenia ohľadom inkorporácie tejto technológie do tvorby slovných úloh z matematiky a kvantifikuje dosiahnutú úroveň začlenenia technológie do spracovaných výstupov študentov pomocou modelu SAMR.

Kľúčové slová: AR, matematická edukácia, slovná úloha, rozšírená realita

UTILIZATION OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN CREATING AND SOLVING A MATHEMATICAL WORD PROBLEM BY PRIMARY EDUCATION TEACHER TRAINEES

Abstract

The technology of augmented reality belongs among modern technologies that are currently also available, allowing for meaningful utilization of intelligent mobile devices (smartphones, tablets) in the pre-service mathematical training of primary education teacher trainees. This contribution presents findings regarding the incorporation of this technology into the creation of mathematical word problems and quantifies the achieved level of technology integration into the processed outputs of students using the SAMR model.

Keywords: augmented reality, AR, mathematics education, word task

1. Úvod

Rozšírená realita (*augmented reality*, skr. AR) patrí k moderným technológiám umožňujúcim v jednom obraze interaktívne prepájať reálny a digitálny svet v čiastočne pohlcujúcom zážitku. Používateľovi poskytuje „vylepšenú“ verziu zobrazenia reálneho sveta, ktorá býva doplnená digitálnymi vizuálnymi prvkami, zvukmi ako aj ďalšími možnými zmyslovými podnetmi (Schmalstieg & Höllerer, 2016). V súčasnosti existujú rôzne systémy AR detegujúce značky (*markers*), projekčnú plochu (*projection*), polohu používateľa (*location*) alebo skutočné objekty a scény (*superimposition*) a systémové volania na vopred definovaný obsah, ktorý má byť vo výslednom obraze prekrytý virtuálnymi objektmi (Aggarwal & Singhal, 2019). Pomer medzi reálnym a virtuálnym svetom je vo výslednom zobrazení tvorenom AR technológiou priklonený k zobrazeniu reálneho sveta (Milgram & Kishino, 1994).

V odbornej literatúre možno konštatovať konsenzus viacerých autorov (Azuma et al., 2001; Dunleavy et al., 2009; Garzón, 2021), v definovaní požadovaných funkcií AR. Patria k nim nutnosť kombinácie digitálneho a fyzického sveta, presná 3D identifikácia a interaktivita prebiehajúca v reálnom čase. Práve tieto možnosti spolu s aktuálnou finančnou dostupnosťou zariadení podporujúcich prácu s AR technológiou majú pozitívny dopad na jej čoraz častejšie využívanie v rôznych odvetviach ľudskej činnosti – priemysel, výroba, zábava, reklama, obchod, cestovný ruch, vzdelávanie. Na rozdiel od ďalších imerzívnych technológií, AR technológia zachytáva existujúce prostredie používateľa (v našom prípade študenta učiteľstva pre primárne vzdelávanie), umožňuje mu bezprostrednú komunikáciu a prípadnú spoluprácu s okolím bez toho, aby dochádzalo k jeho personálnej izolácii. K ďalším najčastejšie uvádzaným výhodám patrí používateľský komfort, kognitívne zlepšenie matematického výkonu sledované v dimenzii poznatkov i procesov a multisenzorické prezentovanie informácií (Hnatová, 2023), ktoré vytvára jedinečné vzdelávacie podmienky a je samotnou podstatou AR.

V matematike je možné s podporou AR priblížiť žiakom a študentom aj zložitejšie a pre nich abstraktné matematické koncepty (Salinas & Pulido, 2017; Thamrongrat & Law, 2019). Technológia AR podporuje u žiakov a študentov rozvoj špecifických schopností, ku ktorým patrí kreativita, kritické myslenie, riešenie problémov, komunikácia a kooperácia (Dunleavy et al., 2009), taktiež rozvoj matematického modelovania (Cahyono et al., 2020; Prídavková, 2022) majúce priamu väzbu na tvorbu a riešenie slovných úloh v školskej matematike.

2. Tvorba slovnej úlohy z matematiky s využitím AR technológie

K zavedeniu pojmu *slovná úloha* je možné v súčasnosti pristupovať z pohľadu viacerých vedných odborov. V didaktike matematiky je slovná úloha chápaná ako verbálny opis problémovej situácie prezentovanej v rámci matematického vzdelávacieho prostredia, v ktorej je položená jedna alebo viacero otázok. Na tieto je možné získať odpovede aplikáciou matematických operácií na číselné údaje dostupné v zadaní úlohy alebo na údaje z nich odvodené (Verschaffel et al., 2000). Z pohľadu jazykového je možné slovnú úlohu chápať ako slovné kódovanú úlohu, tj. úlohu formulovanú pomocou slov bez použitia matematických symbolov (Daroczy et al., 2015; Vondrová et al., 2019; Wang et al., 2016). V prípade súčasného použitia textového a obrazového materiálu v znení slovnej úlohy je daný obrazovo-vecný text možné označiť pojmom multimodálny text. Vužňáková (2022) poukazuje na jeho nové rozmery súvisiace s digitalizáciou vzdelávacieho procesu. Zo psychologicko-pedagogického hľadiska je možné slovnú úlohu popísať ako špecifický typ autentického modelového problému riešeného v reálnom živote (Verschaffel et al., 2020). Spoločným menovateľom týchto zavedení kľúčového pojmu je fakt, že pri matematických slovných úlohách dochádza k štruktúrovaniu prvkov problémovej situácie a jej následnému riešeniu s využitím matematického modelovania (Kaiser, 2017).

Slovné úlohy, vďaka snahe o prepojenie s reálnym životom, vždy tvorili dôležitú súčasť školskej matematiky. Preto je pochopiteľná pretrvávajúca pozornosť výskumníkov o túto problematiku aj v súčasnosti. V oblasti primárneho vzdelávania boli napríklad realizované štúdie zacielené na skúmanie problémov súvisiacich s porozumením obsahu (Daroczy et al., 2015) alebo na systémové kognitívne a metakognitívne analyzovanie riešenia elementárnych slovných úloh (Hnatová & Mokriš, 2021; Kilpatrick et al., 2001; Lipták, 2022; Nováková, 2022; Prídavková, 2021). V znení slovnej úlohy je podľa viacerých autorov (Strohmaier et al., 2019; Vondrová et al., 2019; Voyer, 2011) taktiež žiaduce rozlišovať viacero kategórií, ku ktorým patria:

- informácie nevyhnutne potrebné k riešeniu (*solving information*), tj. náležité informácie konkretizujúce číselné údaje do podoby vyjadrenia počtu/miery/frekvencie výskytu

predmetov/osôb /javov dôležitých pre matematické spracovanie nastoleného problému v slovnej úlohe,

- situačné informácie (*situational information*) - umožňujú žiakovi vytvoriť si predstavu o kontexte, v ktorom je matematický problém ukotvený, informácie sa týkajú aktérov, skúsenostného kontextu a témy konkretizovanej do žiakovi známeho prostredia, sú dôležité pre tvorbu reálneho modelu riešenej situácie,
- vysvetľujúce informácie (*explanation information*) konkretizujú vzťahy medzi údajmi, sú dôležité pre tvorbu matematického modelu,
- naratívne informácie (*superfluous*) - sú tvorené ostatnými informáciami uvedenými v slovnej úlohe, ktoré možno považovať za nadbytočné, pričom špecifickým príkladom nadbytočných informácií v matematike sú nadbytočné číselné informácie.

K vyššie uvedeným kategóriám informácií je pre cieľovú skupinu nami sledovaných participantov, tj. študentov učiteľstva pre primárne vzdelávanie, ešte žiaduce doplniť:

- nekorektné informácie (*incorrect information*), ktoré by sa nemali vyskytovať v znení vytvárajúcej slovnej úlohy kvôli ich zjavnej alebo skrytej chybovosti.

Pri zaradení tejto kategórie do tvoreného systému informácií, ktorých nositeľom môže byť slovná úloha, vychádzame z možného pseudo-analytického postupu riešenia slovných úloh produkovaného žiakmi na primárnom stupni vzdelávania (Nunes et al., 2016). V ňom žiaci vykazujú tendenciu vytvárať reálny model nie z celého znenia úlohy, ale len z jeho vybraných fragmentov, čo významným spôsobom negatívne ovplyvňuje tvorbu matematického modelu, jeho spracovanie a následnú interpretáciu výsledku. Tento postup bol prekvapivo identifikovaný aj u študentov učiteľstva pre primárne vzdelávanie (Hegarty et al., 1995; Hnatová & Mokriš, 2021).

3. Metodika výskumu

V tejto štúdií bola vykonaná analýza zdrojových výstupov 90 študentov magisterského stupňa vysokoškolského štúdia v študijnom programe Učiteľstvo pre primárne vzdelávanie. Tvorba výstupov prebiehala v akademických rokoch 2021/22 a 2022/23 s cieľom identifikovať:

- preferencie študentov pri grafickom spracovaní kategorizovaných informácií vyskytujúcich sa v matematických slovných úlohách,
- dosiahnutú úroveň inkorporácie digitálnych technológií (včítane AR technológie) do spracovania zdrojových výstupov študentov.

Preferencia spracovania kategórií informácií bola zisťovaná a vyhodnocovaná deskriptívne frekvenciou ich výskytu v študentmi vytvorených slovných úlohách. V tomto šetrení sa pripúšťal výskyt grafického spracovania aj viacerých typov informácií v jednej slovnej úlohe, na druhej strane ale aj úplná absencia grafického spracovania podpory. Z tohto dôvodu sú zistenia prezentované s využitím absolútnej početnosti vzťahujúcej sa na celkový počet študentov výskumnej vzorky a relatívnej početnosti nimi spracovaných výstupov.

Dosiahnutú úroveň inkorporácie digitálnych technológií do spracovania zdrojových výstupov študentov je možné kvantifikovať pomocou štvorúrovňového modelu SAMR (Puentedura, 2014, 2020).

V prípravnej aktivite bola študentom – budúcich učiteľom elementaristom na seminári predložená úloha o mayskom kľúči (Hnatová et al., 2021; Hnatová & Hnat, 2021), ktorej sledovaným kognitívnym cieľom bolo „objaviť“ teleso majúce vo voľnom rovnobežnom premietaní zadané tvary pôdorysu (kruh), nárysu (trojuholník) a bokorysu (štvorec). Táto úloha bola študentmi prvotne riešená s možnosťou využitia im známych digitálnych technológií.

Po zoznámení sa s možnosťami využitia AR technológie v matematickej edukácii, študenti riešili modifikovanú úlohu s využitím dynamickej vizualizácie umožňujúcej zobrazenie výsledného telesa v 3D/AR. Nasledovala diskusia o možných modifikáciách kontextu zadanej úlohy, o možných zmenách jej matematického obsahu (napr. zámena alebo zmena tvarov priemetov hľadaného telesa) a o dopade týchto zmien na riešiteľnosť úlohy v konkrétnej cieľovej skupine žiakov. Záverom bola na študentov vznesená požiadavka samostatne vytvoriť slovnú úlohu s návrhom vlastného modelu mayského kľúča. V úlohe bolo žiaduce dodržať nasledujúce pokyny:

- jasne, presne a terminologicky správne formulovať autorské znenie slovnej úlohy včítane pokynu, resp. otázky, v prípade potreby doplnené o obrazový materiál,
- spracovať (úplne) autorské riešenie vytvorenej slovnej úlohy.

Výber cieľovej skupiny a témy, do ktorej mala byť slovná úloha implementovaná, nebol v pokynoch nijako obmedzený, bol však jednoznačne viazaný na oblasť matematickej edukácie, resp. jej prieniky s ďalšími vzdelávacími oblasťami. Taktiež použitie digitálnych technológií pri tvorbe a spracovaní autorského návrhu a riešenia slovnej úlohy nebolo pokynmi nijak limitované, zostalo plne v kompetencii študentov a bolo založené na báze dobrovoľnosti. Výstupy boli študentmi odovzdávané elektronicky, administrácia procesu bola zabezpečovaná vzdelávacím systémom LMS Moodle. Študentom v ňom bolo umožnené, v prípade záujmu a potreby, diskutovať o aktuálnych problémoch vznikajúcich pri tvorbe sledovaného výstupu medzi sebou navzájom, prípadne aj s cvičiacim učiteľom.

V každom z odovzdaných výstupov boli zisťované a analyzované viaceré atribúty, medzi nimi aj:

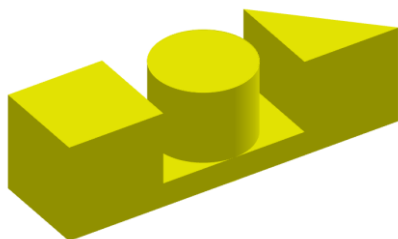
- dotknutá téma, resp. tematická oblasť z matematiky,
- jazykové, obrazové a obsahovo-vecné spracovanie slovnej úlohy,
- posúdenie autorského riešenia slovnej úlohy.

Ukážkou je nasledujúca analýza výstupu, ktorý spracovala študentka Cyntia.

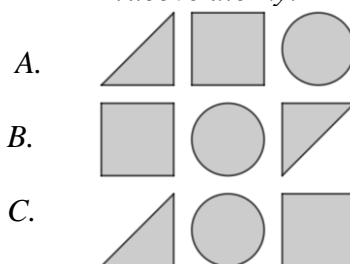
Znenie slovnej úlohy:

„Vyber tú kľúčovú dierku, do ktorej zapadne tento kľúč.“

Kľúč:



Kľúčové dierky:



Riešenie:

Volba A nie je správnym riešením, pretože výstupky kľúča nie sú v správnom poradí.

Volba B je správnym riešením, stačí kľúč otočiť nadol po jeho dlhšej strane.

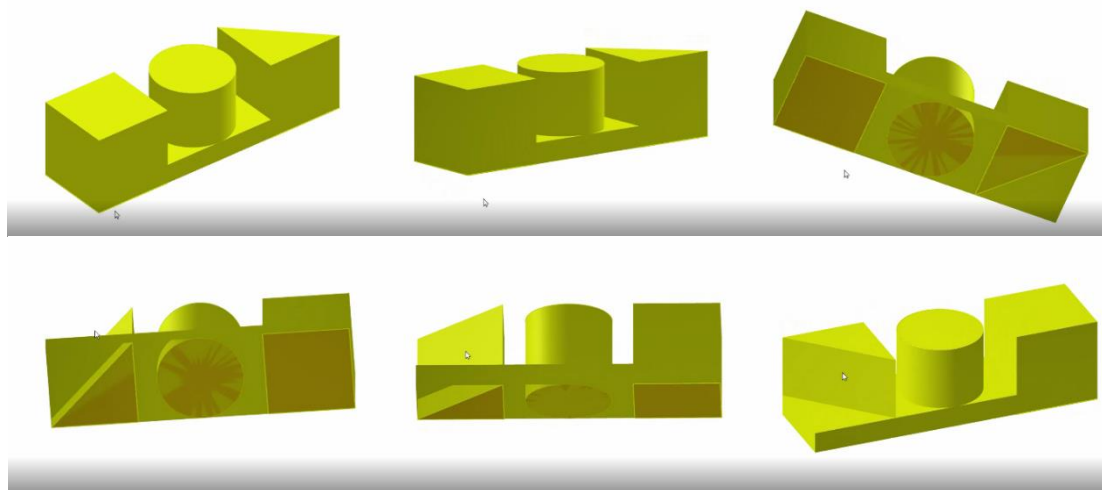
Volba C je tiež správnym riešením, stačí kľúč otočiť nadol po jeho kratšej strane.“

V tomto výstupe bola spracovaná úloha určená pre žiakov 4. ročníka ZŠ (ISCED 1). V rámci zvoleného matematického obsahu možno úlohu priradiť k obsahovému štandardu ŠVP pre primárne vzdelávanie Matematika - tematická oblasť geometria a meranie – priestorové útvary a ich základné vlastnosti. Matematickým výkonom smeruje k požiadavke identifikovať

tvár podstáv jednoduchých telies a vzťah medzi vzorom a obrazom v rámci propedeutiky zhodného zobrazenia v E_3 , ktorým však autorka prekračuje požiadavky dané ŠVP na primárne vzdelávanie v matematike.

Úloha nesie charakteristiky testovej položky. Jej zaradenie do didaktického testu na primárnom stupni vzdelávania v printovej podobe však nemožno odporúčať. Z ponuky troch odpovedí, čo možno považovať za vhodne zvolený počet odpovedí vzhľadom na cieľovú skupinu žiakov, Cyntia (správne) označuje odpoveď A ako jediný distraktor úlohy. Jednoznačne ju týmto zaradzuje do skupiny položiek s výberom viacerých správnych odpovedí. Z pohľadu použitých gramatických kategórií je uvedený pokyn (v akuzatívne nominatívu miesto v akuzatívne plurálu pojmu kľúčová dierka) pre žiaka mätúci a neprispieva k jeho presnej a jednoznačnej voľbe očakávanej správnej odpovede. Terminologické výhrady je taktiež možno vzniesť k popisu hľadania správnej odpovede otočením kľúča „*po jeho dlhšej, resp. po kratšej strane*“. Vhodnejším sa z tohto pohľadu javí popis „*okolo jeho dlhšej, resp. kratšej podstavnej hrany*“.

Tieto obsahovo-vecné a formálne nedostatky sú v protipóle so spracovaním autorského riešenia úlohy s využitím digitálnych technológií. Študentka v ňom preukazuje schopnosť vizualizovať problém a jeho riešenie v 2D i 3D zobrazení. Vizualizácia je spracovaná v podobe videosekvencie spracovanej s využitím sw. GeoGebra Clasic 5 a znázorňujúcej manipuláciu s 3D modelom kľúča.



Obrázok 1. Vizualizácia študentského návrhu kľúča a manipulácia s nim v 3D zobrazení

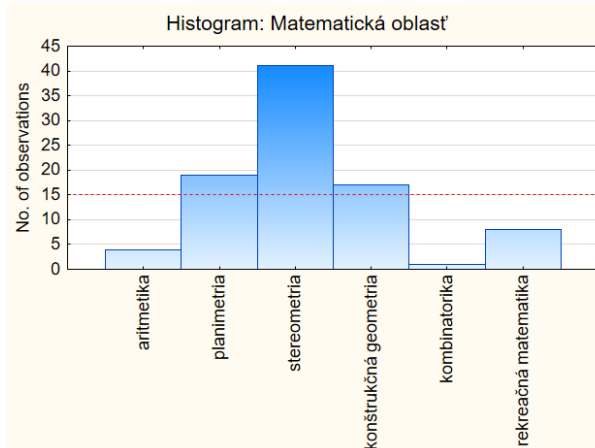
Cyntia navyše ponúka žiakovi – účastníkovi elektronického testovania praktickú manipulačnú pomôcku priestorovej rotácie daného telesa okolo troch rotačných osí spracovanú do podoby appletu podporujúceho zobrazenie 3D modelu v AR. Žiak môže nepriamym haptickým ovládaním (tj. ovládaním pomocou dotykového displeja) na inteligentnom mobilnom zariadení (smartfón, tablet, notebook) kreovať polohu telesa v E_3 (Obrázok 1). Cyntiou spracovaná elektronická podpora degraduje pôvodne identifikovanú požiadavku mentálnej rotácie telesa v E_3 na požiadavku určenia zodpovedajúceho poradia rovinných útvarov prezentovaných podstavami jednoduchých telies tvoriacich kľúč. Propedeutikou tejto činnosti v bežnej praxi je vytváranie otlaku pečiatky na papieri. Preto možno predpokladať, že s takouto manipulatívnou činnosťou má žiak primárneho vzdelávania už konkrétnu osobnú skúsenosť. Navyše, elektronické spracovanie appletu dovoľuje žiakovi pred výberom správnej odpovede danú situáciu skúmať, formulovať jednoduché hypotézy a následne ich aj prakticky verifikovať. Tým, za predpokladu systematického prístupu, nepochybne dochádza k podpore rozvoja žiakových bádateľských zručností.

4. Výskumné zistenia

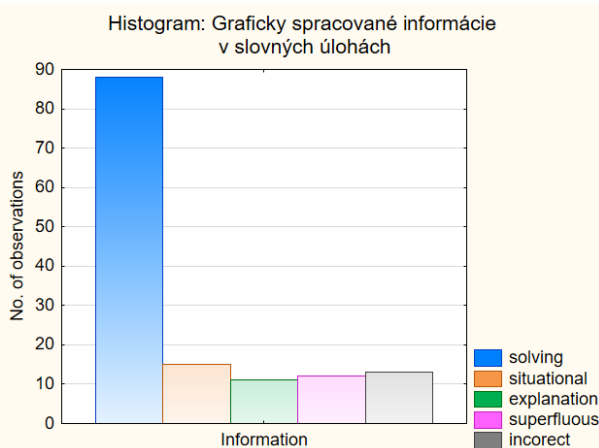
Postup realizácie výskumného šetrenia ako aj v ňom spracované výstupy študentov upozorňujú na niektoré dôležité aspekty súvisiace s tvorbou slovných úloh a ich možnou vizualizáciou v AR.

Podľa našich zistení, prípravná aktivita zásadne neovplyvnila študentov v oblasti výberu cieľovej skupiny, pre ktorú bola nimi slovná úloha vytváraná. Vychádzajúc zo zamerania študentov študujúcich v magisterskom stupni štúdia na fakulte pedagogického zamerania v študijnom programe učiteľstvo pre primárne vzdelávanie je logicky zdôvodniteľné, že ich preferencie sa ťažiskovo rozložili do dvoch úrovní ISCED 1 (79 študentov, tj. 87,78 % výstupov) a ISCED 5 (11 študentov, tj. 12,22 % výstupov).

Na druhej strane, zvolená tematická oblasť prípravnej aktivity mala vplyv na výber tematickej oblasti, do ktorej študenti po jej absolvovaní fokusovali svoj výstup. Testovanie preloženia údajov rovnomerným rozdelením bolo realizované za použitia matematicko-štatistického softvéru Statistica 12 neparametrickým χ^2 testom zhody na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Dosiahnuté hodnoty boli vyhodnocované na základe vypočítanej pravdepodobnosti p . Keďže táto je menšia ako sledovaná hladina významnosti ($K-S d = 0,3436$; $p(K-S) = 0,0000 < 0,05$; $Chi kv. = 10,7341$; $p(Chi kv.) = 0,0135 < 0,05$) možno považovať uvedený vplyv prípravnej aktivity na výber tematickej oblasti tvorby slovnej úlohy študentmi za štatisticky významný. Pri grafickom znázornení početnosti výberu jednotlivých tematických oblastí matematickej edukácie je badateľné (Obrázok 2), že temer polovica študentov (41 študentov, tj. 45,56 % výskumnej vzorky) si po absolvovaní prípravnej aktivity zvolila pre vlastnú tvorbu matematickej slovnej úlohy oblasť stereometrie. Naopak len jeden študent sa rozhodol pre výber tematickej oblasti kombinatorika a štyria študenti pre tematickú oblasť aritmetika, s ktorými táto prípravná aktivita obsahovo-vecne nekorešpondovala (Obrázok 2).



Obrázok 2. Preferencie tematických oblastí matematickej edukácie v študentmi vytváraných slovných úlohách

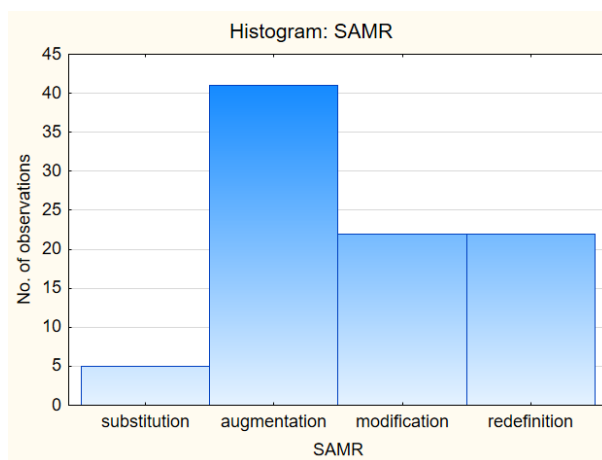


Obrázok 3. Preferencie digitálneho spracovania informácií v študentmi vytváraných slovných úlohách

Vychádzajúc zo študentmi preferovaných tematických oblastí matematickej edukácie (Obrázok 2) a cieľovej skupiny (ISCED 1), pre ktorú boli slovné úlohy určené, je snaha študentov prezentovať informácie obsiahnuté v slovných úlohách s využitím digitálnych technológií (v 139 prípadoch) pochopiteľná. Najvyššie zastúpenie ($n = 88$, tj. 63,31 % prípadov; 97,78 % výstupov) dosiahla kategória informácií nevyhnutne potrebných k riešeniu slovnej úlohy (*solving information*). V 13 prípadoch (9,35 % prípadov; 14,44 % výstupov) sa však v znení alebo autorskom riešení slovnej úlohy vyskytla nekorektná (tj. nedostatočne zadaná, chybné zadaná alebo chybné spracovaná) informácia (Obrázok 3).

V tvorbe slovnjej úlohy a spracovaní jej autorského riešenia bola taktiež deskriptívne sledovaná dosiahnutá úroveň inkorporácie digitálnych technológií s využitím štvorúrovňového modelu SAMR: substitúcia (*substitution*), augmentácia (*augmentation*), modifikácia (*modification*) a redefinícia (*redefinition*) (Obrázok 4). Všetci študenti výskumnej vzorky ($n = 90$) boli schopní inkorporovať digitálne technológie do spracovania svojich výstupov, pričom najnižšiu početnosť (5 študentov, 5,56 % výstupov) dosiahla najnižšia úroveň začlenenenia digitálnych technológií do aktivity – substitúcia. Tá spočíva v nahradení doteraz vykonávanej činnosti činnosťou s využitím digitálnych technológií, aj keď bez pridanej funkčnej zmeny (Puentedura, 2020). V praxi to znamená, že študenti dosahujúci túto úroveň boli ochotní, resp. schopní napríklad spracovať návrh a autorské riešenie slovnjej úlohy na papier, odfotiť ho a vo formáte obrazového materiálu odovzdať do vzdelávacieho systému.

Modusom dosiahnutým v študentskej tvorbe matematických slovných úloh je úroveň augmentácie ($n(\hat{x}) = 41$), čo v spojitosti s AR technológiou vypovedá o jej možnom využití v podobe nosiča funkčného vylepšenia existujúcich postupov, ktoré sa ale začlenením technológie do aktivity zásadným spôsobom nemenia (Puentedura, 2020). V praxi to znamená, že študenti dosahujúci úroveň augmentácie (celkovo 45,56 % výstupov výskumnej vzorky) sú schopní v rámci nimi prezentovaných digitálnych zručností vyhľadať na webových stránkach dostupné applety podporované AR technológiou a zapracovať ich do svojich aktivít. Napriek absolvovanej výučbe, však títo študenti nie sú ochotní alebo schopní takéto applety tvoriť či modifikovať. Vizualná podpora ich autorského riešenia slovnjej úlohy spočívala najčastejšie v statickom spracovaní obrazového materiálu v niektorom z grafických editorov do podoby očakávaného výsledku.

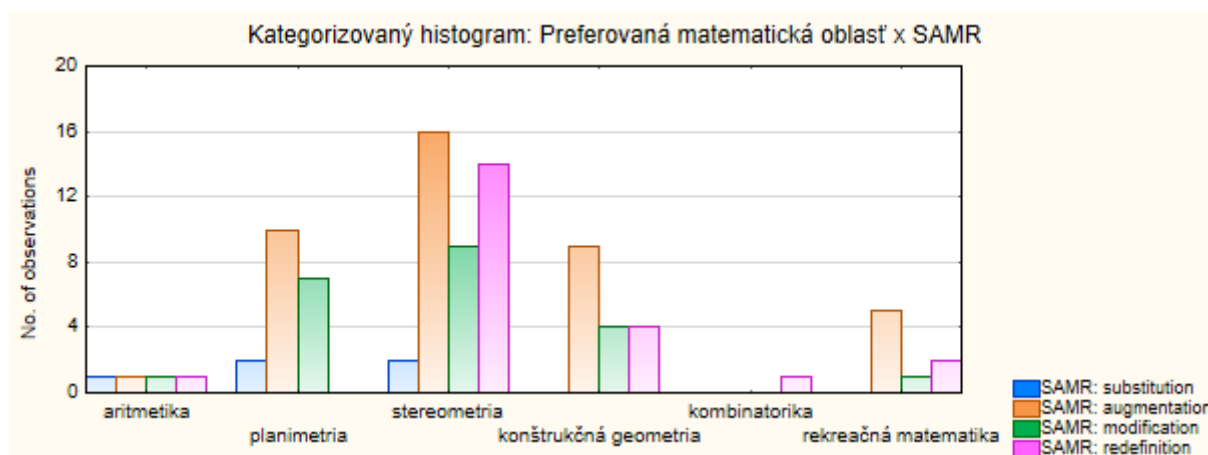


Obrázok 4. Úrovně modelu SAMR dosahované študentmi ($n = 90$)

V prípade dostupnej technickej podpory, výberu užívateľsky príjemného softvéru, záujmu a aktívneho prístupu k obsahu vzdelávania vo výberovom predmete zameranom na využitie digitálnych technológií vo výučbe matematiky, však dokážu aj budúci učitelia – elementaristi úspešne zvládnuť tvorbu jednoduchých dynamických appletov s podporou AR technológie. Tento fakt potvrdzuje 54,44 % výstupov študentov výskumnej vzorky, ktorí pri tvorbe slovných úloh a ich autorských riešení preukázali dosiahnutie transformačných úrovní modelu SAMR. Na úrovni modifikácie (22 študentov, 27,22 % výstupov) bola v ich výstupoch obsiahnutá vlastná tvorba multimediálnych podporných zdrojov, ku ktorým sú zaradzované napríklad výstupy využívajúce 3D zobrazenie daného problému alebo situácie. V prípade redefinície bol výstup študentov (22 študentov, 27,22 % výstupov) reálne spracovaný AR technológiou do podoby appletu, videotutoriálu, nelineárne štruktúrovanej multimediálnej prezentácie resp. interaktívneho elektronického zošita.

Kategorizované rozdelenie výstupov prezentuje možnosti porovnania početností v jednotlivých úrovniach vzhľadom na vybrané tematické oblasti (Obrázok 5).

Naznačuje možné dosahovanie najvyššieho stupňa implementácie (tj. redefinície) v geometrii, a teda predpokladá aj vhodnosť využívania AR technológie práve v tejto oblasti školskej matematiky. Overenie tvrdenia z matematicko-štatistického hľadiska však vyžaduje navýšiť počet výstupov tak, aby boli splnené podmienky použitia zodpovedajúcich kvantitatívnych metód spracovania údajov. Týmto je daný jeden zo smerov našej ďalšej výskumnej činnosti v tejto oblasti.



Obrázok 5. Študentmi preferované tematické oblasti tvorby slovných úloh kategorizované v úrovniach modelu SAMR

5. Záver

Inkorporácia technológií do matematickej edukácie má svoje výhody i úskalia. Tvorba slovných úloh z matematiky podporovaná AR technológiou bola študentmi prijatá pozitívne v zmysle ponúkaného komfortu, novosti a zábavy pri jej použití vo výučbe. Diskomfort nastupoval v situáciách, keď mala zábava ustúpiť samostatnej činnosti súvisiacej s tvorbou požadovaných výstupov, pri zlyhávajúcej funkčnosti technológie spôsobenej subjektívnymi alebo objektívnymi, technickými alebo softvérovými podmienkami.

Pri začleňovaní AR technológie do výučby je dôležitý výber a realizácia prípravných aktivít. Tie, podľa našich zistení, zanechávajú v študentoch stopu „vzoru“ a môžu na nich pri následne požadovanej tvorbe výstupov pozitívne (predpokladáme však, že aj negatívne) vplývať.

Dosiahnutú úroveň implementácie technológie do danej činnosti je možné kvantifikovať využitím teoretického rámca poskytovaného modelom SAMR (Hnatová, 2022; Lacruz, 2018). Pri našom pedagogickom ataku bola vo výstupoch študentov v najväčšej početnosti identifikovaná dosiahnutá úroveň augmentácie, tj. rozšírenia začlenenia AR technológie do tvorby slovných úloh v matematike. Štatisticky významnú početnosť pri výbere tematickej oblasti, v ktorej bola študentmi slovná úloha z matematiky vytváraná, dosiahla oblasť stereometrie. V nej bola zaznamenaná aj najvyššia početnosť študentov dosahujúcich najvyšší stupeň začlenenia technológie – úroveň redefinície. Tento fakt je povzbudivým príkladom novej inkorporácie AR technológie do pregraduálnej výučby budúcich učiteľov – elementaristov (nielen) v matematickej edukácii.

Acknowledgements

Príspevok vznikol s podporou grantového projektu KEGA 036PU-4/2021 *Technológia rozšírenej reality v profesijnej matematickej príprave budúcich učiteľov elementaristov* riešeného na PF PU v Prešove.

Literatúra

- Aggarwal, R., & Singhal, A. (2019). Augmented Reality and its effect on our life. *2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, 510–515. <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2019.8776989>
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>
- Cahyono, A. N., Sukestiyarno, Y. L., Asikin, M., Miftahudin, Ahsan, M. G. K., & Ludwig, M. (2020). Learning mathematical modelling with augmented reality mobile math trails program: How can it work? *Journal on Mathematics Education*, 11(2), 181–192. <https://doi.org/10.22342/jme.11.2.10729>.
- Daroczy, G., Wolska, M., Meurers, W. D., & Nuerk, H.-C. (2015). Word problems: A review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00348>
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- Garzón, J. (2021). An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
- Hegarty, M., Mayer, R. E., & Monk, C. A. (1995). Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology*, 87, 18–32. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.87.1.18>
- Hnatová, J. (2022). Technológia rozšírenej reality v matematickej edukácii - model SAMR. *Vzdelávanie a spoločnosť VII*, 68–79.
- Hnatová, J. (2023). *Technológia rozšírenej reality v matematickej edukácii: SWOT analýza*. Prešovská univerzita v Prešove.
- Hnatová, J., & Hnat, A. (2021). Matematický príbeh o mayskom kľúči s využitím AR. In M. Krátká, P. Eisenmann, & V. Chytrý (Ed.), *Jak učiť matematice žáky ve věku 10–16 let 2021 Sborník příspěvků*, (s. 147–156).
- Hnatová, J., Hnat, A., & Bučková, A. (2021). Multimediálna podpora edukačnej aktivity v matematike technológiou rozšírenej reality. *South Bohemia Mathematical Letters*, 29(1), 31–40.
- Hnatová, J., & Mokriš, M. (2021). *Kalibrácia metakognitívneho monitorovania v profesijnej matematickej príprave budúcich učiteľov: Presnosť a skreslenie hodnotenia*. Vydavateľstvo Prešovskej univerzity.
- Kaiser, G. (2017). *The teaching and learning of mathematical modeling*. The National Council of Teachers of Mathematics, Inc. <https://acuresearchbank.acu.edu.au/item/8658w/the-teaching-and-learning-of-mathematical-modeling>
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. National Research Council. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/9822/adding-it-up-helping-children-learn-mathematics>
- Lacruz, N. (2018). SAMR Model. V R. Power, *Technology and the curriculum* (s. 431). Pressbooks. <https://techandcurriculum.pressbooks.com/chapter/samr/>
- Lipták, J. (2022). What is a geometric shape? Preschool and primary pre-service teacher's misconceptions. *Elementary Mathematics Education Journal*, 4(1), 26–34.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Information Systems*, E77-D, č. 12, 1321–1329.

- Nováková, E. (2022). Reflection of pupils' composition of word problems: A contribution to the development of didactic competences of prospective primary school teachers. V B. Maj-Tatsis & K. Tatsis (Ed.), *Critical thinking practices in mathematics education and beyond* (s. 71–79). Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- Nunes, T., Dorneles, B. V., Lin, P.-J., & Rathgeb-Schnierer, E. (2016). Teaching and Learning About Whole Numbers in Primary School. V T. Nunes, B. V. Dorneles, P.-J. Lin, & E. Rathgeb-Schnierer (Ed.), *Teaching and Learning About Whole Numbers in Primary School* (s. 1–50). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45113-8_1
- Prídavková, A. (2021). Riešiteľské stratégie vybraných matematických úloh v skupine študentov – budúcich učiteľov primárneho vzdelávania. *Zbirnyk_Osvita i suspilstvo VI*, 216–225. https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/05/Zbirnyk_Osvita-i-suspilstvo-VI_new.pdf
- Prídavková, A. (2022). Technológia rozšírenej reality a rozvoj matematických schopností. *Elementary Mathematics Education Journal*, 4(1), 53–63.
- Puentedura, R. R. (2014). *Building Transformation: An Introduction to the SAMR Model*. http://www.hippasus.com/rpweblog/archives/2014/08/22/BuildingTransformation_AnIntroductionToSAMR.pdf
- Puentedura, R. R. (2020). *SAMR – A Research Perspective*. <http://hippasus.com/blog/archives/499>
- Salinas, P., & Pulido, R. (2017). Understanding the conics through augmented reality. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 341–354. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00620a>
- Schmalstieg, D., & Höllerer, T. (2016). *Augmented reality: Principles and practice*. Addison-Wesley.
- Strohmaier, A., Lehner, M., Beitlich, J., & Reiss, K. (2019). Eye Movements During Mathematical Word Problem Solving—Global Measures and Individual Differences. *Journal für Mathematik-Didaktik*. <https://doi.org/10.1007/s13138-019-00144-0>
- Thamrongrat, P., & Law, E. L.-C. (2019). Design and Evaluation of an Augmented Reality App for Learning Geometric Shapes in 3D. V D. Lamas, F. Loizides, L. Nacke, H. Petrie, M. Winckler, & P. Zaphiris (Ed.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2019* (s. 364–385). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29390-1_20
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Swets & Zeitlinger.
- Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J., & Van Dooren, W. (2020). Word problems in mathematics education: A survey. *ZDM*, 52(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01130-4>
- Vondrová, N., Havlíčková, R., Hiršová, M., Chvál, M., Novotná, J., Páchová, A., Smetáčková, I., Šmejkalová, M., & Tůmová, V. (2019). *Matematická slovní úloha: Mezi matematikou, jazykem a psychologií*. Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum.
- Voyer, D. (2011). Performance in mathematical problem solving as a function of comprehension and arithmetic skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1073–1092. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9239-y>
- Vužňáková, K. (2022). Čo (ne)vieme o multimodalite, digitalizácii a porozumení textu. *O dieťaťi, jazyku, literatúre*, 2, 162–166.
- Wang, A. Y., Fuchs, L. S., & Fuchs, D. (2016). Cognitive and linguistic predictors of mathematical word problems with and without irrelevant information. *Learning and Individual Differences*, 52, 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.10.015>