

MULTIMEDIÁLNA PODPORA EDUKAČNEJ AKTIVITY V MATEMATIKE TECHNOLÓGIU ROZŠÍRENEJ REALITY

JANA HNATOVÁ, ADAM HNAT, ALŽBETA BUČKOVÁ

ABSTRAKT. Jednou z dostupných „nových“ technológií, ktoré je možné zaradiť aj do výučby matematiky na primárnom stupni vzdelávania, je technológia rozšírenej reality (AR). Táto technológia umožňuje integrovať do reálneho prostredia virtuálne prvky poskytujúce žiakom pridanú hodnotu v podobe doplnkových informácií a dynamického zážitku. V príspevku konkretizujeme možnosti multimediálnej podpory matematickej edukačnej aktivity zameranej na identifikáciu priestorových geometrických útvarov pomocou modelu TPACK.

ÚVOD

Obsah matematického vzdelávania môže byť žiakom sprostredkovaný na hodinách matematiky rôznymi spôsobmi. K abstraktným a teoretickým spôsobom výučby sa učitelia často utiekajú kvôli obmedzeným možnostiam vizualizácie pri použití klasických vyučovacích metód [1], ktoré vyžadujú od žiakov zapamätanie, nie však nevyhnutne pochopenie učiva [2]. Podľa týchto autorov [1], [2] môžu nové technológie prispieť k riešeniu uvedeného problému a to významným spôsobom. Ponúkajú mnoho príležitostí na obmieňanie metód počas výučby, pričom dovoľujú s ich podporou realizovaný vzdelávací proces individualizovať.

Z množstva existujúcich a v edukačnej praxi dosiahnuteľných digitálnych technológií, ktoré interagujú so svojimi používateľmi v zmenenej realite, má technológia rozšírenej reality (ang. augmented reality, skr. AR) výhodnú štartovaciu pozíciu. Z pohľadu nárokov na technické zabezpečenie, je pre edukačnú prax jednou z najdostupnejších. Z pohľadu softvérového zabezpečenia naráža jej začlenenie do matematickej edukácie zatiaľ na existujúcu vstupnú bariéru nedostatku jednoduchých, robustných aplikácií AR viazaných na jednotlivé témy školskej matematiky [1]. V našom príspevku sa preto zameriame na konkretizáciu možnosti multimediálnej podpory nami pripravenej matematickej edukačnej aktivity, ktorá môže byť priamo integrovaná v aplikácii využívajúcej technológiu AR.

1. KONCEPT ROZŠÍRENEJ REALITY

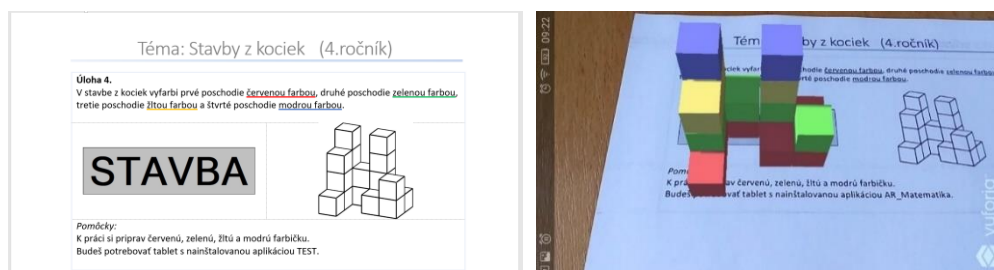
Podľa [3] je možné rozšírenú realitu chápať ako technológiu integrujúcu digitálne informácie s fyzickým prostredím naživo a v reálnom čase pomocou rôznych, v súčasnosti už bežne dostupných technických zariadení (napr. pomocou smartfónov alebo tabletov) a k tomu slúžiacich off-line alebo on-line aplikácií.

Pri včlenení do matematickej edukačnej aktivity poskytuje AR čiastočné ponorenie žiaka do virtuálneho sveta a to prostredníctvom zobrazenej digitálnej vrstvy s relevantným matematickým obsahom (obr. 1).

Received by the editors: 11.02.2022.

2020 Mathematics Subject Classification: 51M04, 51M20, 68U05.

Key words and phrases. TPACK model, augmented reality technology, mathematical primary education.



OBRÁZEK 1. Bežné vnímanie reality žiakom v zadaní pracovného listu (vľavo) a rozšírené vnímanie reality žiakom AR technológiou (vpravo) (zdroj: vlastné spracovanie)

Hlavnými požiadavkami kladenými na AR sú: ponorenie, interaktivita a odozva v reálnom čase [4]. Termín ponorenie je v tomto prípade chápaný v psychologickom význame, teda ako psychologický pocit bytia vo virtuálnom prostredí. Opisuje kvalitu zmyslového zážitku človeka v interakcii s virtuálnym prostredím, pričom stupeň ponorenia závisí od sily pocitu, ktorý človek pri tejto interakcii zažíva. Interaktivita predstavuje ovládateľnosť 3D objektov v AR a odozva v reálnom čase popisuje, či systém dokáže reagovať na vstup používateľa v čase, ktorý je pre ľudské vnímanie intuitívny. Platí, že vysoká interaktivita a realistické zobrazenie v reálnom čase spätne pozitívnym spôsobom ovplyvňujú ponorenie do virtuálneho prostredia [4].

Úplné ponorenie do virtuálneho prostredia však nie je v edukačnom procese vždy vnímané ako pozitívum [5]. Nakoľko AR prináša pre žiaka prepojenie reálneho a virtuálneho sveta formou čiastočného ponorenia, žiak nie je pri práci s touto technológiou od skutočného sveta ani od ostatných spolužiakov izolovaný, komunikácia medzi ním a jeho okolím naďalej prebieha priamo a žiakovo vnímanie bežnej reality sa použitím AR rozširuje, no nenaruša.

1.1. Médiá v rozšírenej realite

K médiám podporovaným v AR možno zaradiť staticky alebo animovaný text, fotografiu, statickú alebo dynamickú grafiku, zvuk, video, tiež 3D modely. V rámci rozšírenej reality môže byť text vytvorený buď priamo vo vývojovom prostredí aplikácie pracujúcej s technológiou AR, alebo môže byť do nej importovaný v podobe „obrázka“. Obidve možnosti dovoľujú vytvoriť text s pozadím aj bez neho. Z didaktického hľadiska je potrebné dbať predovšetkým na čitateľnosť textového zdroja a v prípade rozsiahlejších textov zvažovať jeho zaradenie vzhľadom na dostupnosť ďalších médií. Vhodným využitím sa javia úvodné texty, stručné pokyny, popisy, heslá, textové značky a pod. (obr. 2).



OBRÁZEK 2. Textový zdroj, obrazový zdroj a 3D model v AR (zdroj: vlastné spracovanie)

Multimediálne diela v podobe obrazového materiálu, zvukových záznamov, videí ako aj 3D modelov je vhodné, vzhľadom na obmedzené možnosti vývojového prostredia aplikácie AR, predpripraviť v na to určených softvéroch. Vývojové prostredie aplikácie síce môže dovoľovať tvorbu grafických prvkov, avšak tie budú vždy predstavovať len extrémne zjednodušenú verziu toho, čo možno vytvoriť pre potreby aplikácie AR v špecializovaných grafických softvéroch (obr. 2). Podobne AR umožňuje súčasne prehrávať viacero audio stôp, vývojové prostredie aplikácie však nedisponuje žiadnymi nástrojmi na ich tvorbu. 3D modely bývajú najčastejšie vytvárané v softvéroch, ktoré umožňujú nielen 3D modelovanie ale aj komplexnú animáciu

všetkých parametrov modelu od polohy, veľkosti či rotácie, cez farbu a textúru, až po zmeny tvarov (obr. 3). Vývojové prostredie aplikácie AR môže potencionálne umožniť tvorbu 3D modelov, avšak vzhľadom na jeho zameranie, sú tieto možnosti významne limitované do podoby modelov vytvorených z elementárnych primitív ich zjednotením, prienikom alebo rozdielom.

Využitie 3D modelov v AR aplikácii je všestranné, môžu v nej plniť ilustračnú, informačnú, nápovednú alebo kontrolnú funkciu napríklad v podobe poskytnutia spätnej väzby.



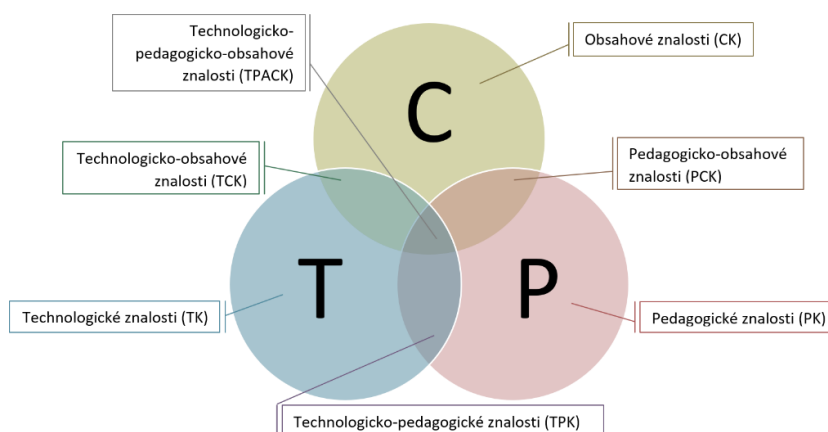
OBRÁZEK 3. Práca s 3D modelom a jeho textúrou v AR (zdroj: mobilná aplikácia VisitMore)

2. MODEL TPACK

Model TPACK poskytuje učiteľovi (nielen) matematiky teoretický rámec pre inkorporáciu digitálnych technológií (DT) do výučby. Prehľadne a štruktúrovane popisuje, ako možno pomocou technológií zlepšiť výučbu s cieľom zvládnuť stanovený obsah vzdelávania. Vizualizuje prepojenie troch základných a navzájom sa ovplyvňujúcich oblastí poznania učiteľa [6]:

- znalosť obsahu (ang. content knowledge, skr. CK),
- pedagogické znalosti (ang. pedagogical knowledge, skr. PK),
- technologicke znalosti (ang. technological knowledge, skr. TK).

Existenciu vzájomných vplyvov medzi uvedenými oblasťami naznačujú ich prieniky znázornené vo Vénovom diagrame (obr. 4). Výsledný prienik všetkých troch oblastí možno podľa autorov modelu charakterizovať ako „súbor odborných znalostí, ktoré technologiccky a pedagogicky zdatní učitelia orientovaní na učebné osnovy používajú pri vyučovaní s cieľom ponúknuť žiakovi úspešné, diferencované a kontextovo citlivé učenie.“ [6].



OBRÁZEK 4. Rámec TPACK a jeho znalostné komponenty [6]

Obsahové znalosti sú v tomto modeli chápané ako systém poznatkov súvisiaci s predmetom výučby, ktoré musí učiteľ ovládať. Pedagogické znalosti učiteľa sú ňom tvorené znalosťami o koncepciách, stratégiách, metódach, technikách a formách vyučovania, učenia sa a hodnotenia. Technologické znalosti predstavujú znalosti učiteľa o tom, ako produktívne aplikovať dostupné technológie do pedagogickej praxe s cieľom aktivizovať učenie sa žiakov.

V nasledujúcich častiach budeme konkretizovať tieto oblasti so zámerom spracovať multimediálnu podporu v podobe textu, dvojrozmerného a trojrozmerného obrazu, zvuku a videa v nami navrhnujej aktivite s názvom „Mayský kľúč“ pre potreby matematickej edukácie prebiehajúcej na primárnom stupni vzdelávania.

2.1. Komponent znalosti obsahu vzdelávania

Obsah matematického vzdelávania na 1. stupni ZŠ je na Slovensku daný v rámci dvojúrovňového modelu – štátnym a školským vzdelávacím programom (ďalej ŠVP a ŠkVP). Ak pre edukačnú aktivitu sformulujeme cieľ „identifikovať priestorový útvar na základe znalosti tvaru jeho obrysu pri pohľade naň zhora, spredu a zľava“, naplníme ním hneď niekoľko požiadaviek v piatich kognitívnych oblastiach ŠVP, pričom tematická oblasť výroková logika má propedeutický charakter a spadá do oblasti riešenia aplikačných úloh a úloh rozvíjajúcich špecifické matematické myslenie (tab. 1).

TABUĽKA 1. Konkretizácia obsahových a výkonových štandardov ŠVP obsiahnutých v edukačnej aktivite

Oblasti	Štandard	Konkretizácia
Rovinné geometrické útvary	obsah	<ul style="list-style-type: none"> - rovinné geometrické útvary: štvorec, trojuholník, obdĺžnik, kruh, - vrchol a strana trojuholníka, štvorca, obdĺžnika, štvoruholníka, - dĺžka strany trojuholníka, štvorca a obdĺžnika, dĺžky susedných a protiľahlých strán, - polomer a priemer kružnice (kruhu),
	výkon	<ul style="list-style-type: none"> - rozlíšiť, pomenovať rovinné geometrické útvary, - popísať vlastnosti rovinných geometrických útvarov (trojuholník, štvorec, obdĺžnik), - identifikovať strany a vrcholy rovinných geometrických útvarov, - určiť protiľahlé a susedné strany, - určiť uhlopriečku, - rozlíšiť, pomenovať kruh a kružnicu, - určiť, vyznačiť a pomenovať v kružnici (kruhu) stred, polomer, priemer,
Priestorové geometrické útvary	obsah	<ul style="list-style-type: none"> - priestorové geometrické útvary: kocka, valec, guľa, - identifikovať steny, hrany a vrcholy kocky, - postaviť stavbu z kociek na základe plánu,
	výkon	<ul style="list-style-type: none"> - rozlíšiť a pomenovať priestorové geometrické útvary, - vrchol, hrana a stena kocky, - stavba z kociek, plán stavby z kociek (pôdorys stavby),
Orientácia v rovine a priestore	obsah	<ul style="list-style-type: none"> - vpravo, vľavo, hore, dole, nad, pod, pred, za, vpredu, vzadu,
	výkon	<ul style="list-style-type: none"> - určiť polohu geometrických útvarov v priestore,

Oblasti	Štandard	Konkretizácia (na propedeutickej úrovni)
Výroková logika	obsah	<ul style="list-style-type: none"> - pravdivé (nepravdivé) tvrdenie, - zložené výroky, - pravdivosť (nepravdivosť) zloženého výroku, - kvantifikované výroky,
	výkon	<ul style="list-style-type: none"> - vytvoriť pravdivé (nepravdivé) tvrdenie, - zdôvodniť pravdivosť (nepravdivosť) tvrdenia, - vytvoriť zložené výroky, - rozhodnúť o ich pravdivosti (nepravdivosti) zložených výrokov, - rozlíšiť, vytvoriť a správne použiť kvantifikované výroky,

Zdroj: spracované podľa [7]

Impulzom pre našu edukačnú aktivitu bola úloha, ktorej znenie uvádzame v pôvodnej podobe [8]:

„Je to pomerne ľahká úloha, pre ktorú potrebujete len trochu predstavivosti. Na obrázku vidíte tri otvory. Máte nakresliť alebo zhotoviť také teleso, ktoré by všetkými tesne prešlo, ak ho otočíte do správnej polohy.“

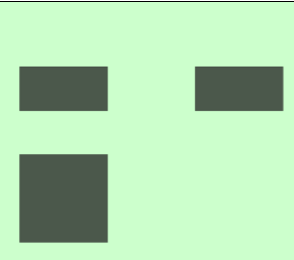
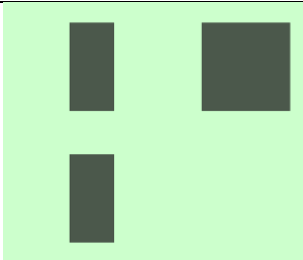
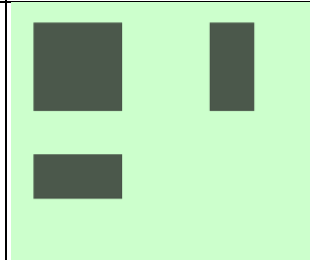
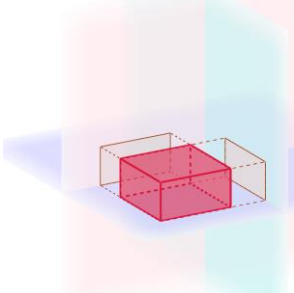
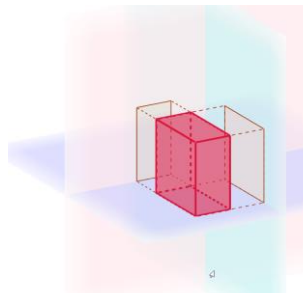
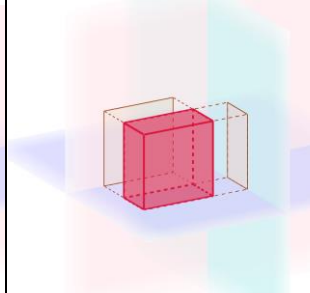
Obrázok s otvormi, ktorý bol grafickou súčasťou zadania, je však potrebné oproti pôvodnej verzii úlohy modifikovať tak, aby zodpovedal vzdelávaciemu obsahu hodiny matematiky vo zvolenom ročníku a stupni vzdelávania. Z vyššie uvedených požiadaviek ŠVP (tab. 1) pre primárnu matematiku je zrejmé, že je potrebné zvažovať tvar jednotlivých otvorov, ich rozmery a ich rozmiestnenie vzhľadom na:

- 2D zobrazenie otvorov umiestnených:
 - vedľa seba (vodorovne alebo zvislo), nakoľko takéto umiestnenie otvorov nevyžaduje presné usporiadanie priemetov hľadaného telesa do jednotlivých priemetní. Z našich doterajších zistení však vyplýva, že je pre žiakov bez skúseností s konkrétnymi modelmi telies a ich priemetmi v 3D najmenej nápomocné;
 - v podobe pôdorysu, nárysu a bokorysu, ktoré usporiadanie otvorov v priemetniach pri riešení zohľadňuje, vyžaduje zavedenie nových termínov (nárys telesa, bokorys telesa), resp. vysvetlenie princípu zakresľovania útvarov v technickom kreslení,
- 3D zobrazenie s umiestnením otvorov „do rohu“, ktoré taktiež priradzuje telesu v priemetniach konkrétne tvary, eliminuje terminologické požiadavky pomenovania priemetní, v prípade trojrozmerného zobrazenia je viac nápovedné pri hľadaní stratégie riešenia úlohy avšak problematicky realizovateľné bez využitia digitálnych technológií.

Rovnako je potrebné zvažovať výber telesa, ktoré bude riešením modifikovanej úlohy. Rámec výberu je daný ŠVP a ŠkVP, no nevylučujeme možnosť propedeuticky sa v tejto úlohe zoznámiť i s telesami, ktoré v nich nie sú obsiahnuté. V nasledujúcich ukázkach rôznych obmien tvarov dosky v 2D využijeme jednotné usporiadanie priemetov telesa podľa nasledujúcej predlohy vychádzajúcej z pravouhlého premietania využívaného v technickom kreslení (obr. 4). Pri zobrazení situácie v 3D budeme roviny pôdorysu, nárysu a bokorysu, farebne rozlišovať. Problematika pravouhlých priemetov telesa je v primárnej edukácii viazaná na identifikáciu základných rovinných geometrických útvarov a orientáciu v priestore, ktorú je možné konkretizovať pojmami „pohľad zhora“ (pôdorys), „pohľad spredu“ (nárys) a „pohľad zľava“ (bokorys).

Významné zjednodušenie a priblíženie sa nárokom kladeným na matematickú edukáciu žiakov ZŠ môže priniesť obmedzenie tvarov jednotlivých priemetov na žiakom známe základné rovinné útvary – trojuholník, štvorec, obdĺžnik, kruh. Úloha je i pri tomto obmedzení nositeľom vysokej variability vznikajúcich matematických situácií (tab. 2). Obmenami tvarov otvorov a ich usporiadaním je možné na jednej strane zabezpečiť potrebnú úpravu obsahového zamerania riešenej úlohy, na druhej strane dosiahnuť, v prípade potreby, jej následnú gradáciu.

TABUĽKA 2. Ukážky spracovania vizuálnej podpory matematického problému s 2D a 3D grafikou

P.č.	Matematická situácia A	Matematická situácia B	Matematická situácia C
2D			
3D			

Pre žiakov na primárnom stupni vzdelávania je modifikovaná úloha s obmedzeným výberom tvarov priemetov na im známe základné rovinné útvary, problémovou úlohou. Z hľadiska sledovaného kognitívneho cieľa spadá podľa Nemierkovej taxonómie k úlohám s nešpecifickým transferom.

2.2. Komponent pedagogických znalosti učiteľa

So zavedením pojmov problém a riešenie problému vo všeobecnej rovine aj s exemplifikačnou konkretizáciou do výučby matematiky sa stretávame u viacerých autorov [9] [10], rovnako pri ich začlenení do výučby primárnej matematiky je možné zvažovať viacero prístupov [11] [12] [13] [14]. Jedným z vhodných a odporúčaných spôsobov nastoľovania matematických problémov, vo vekovej skupine žiakov od 6 do 10 rokov, sa javí ich transformovanie do podoby príbehov s využitím metód rozprávania (ang. *storytelling*), čítania (ang. *storyreading*) alebo písania príbehov (ang. *storywriting*). Použitie týchto metód podnecuje u žiakov aktívnu predstavivosť, motivuje k učeniu, rozvíja analyticko-syntetické myslenie a zapája žiakov do poznávacích a taktiež aj do emocionálnych procesov [15] [16].

Pomocou základných komponentov príbehu (postavy, prostredie, dej príbehu) a jeho vnútorného kompozičného členenia (expozícia, kolízia, kríza, peripetia a katastrofa) možno žiakov zaujať, postupne vtiahnuť do deja príbehu a nenásilne priviesť k potrebe riešiť v ňom nastolený (matematický) problém. Pri výbere hlavných postáv nášho príbehu o mayskom kľúči sme do rolí úspešných bádateľov nominovali samotných žiakov. Opis prostredia, v ktorom sa dej odohráva, je možné realizovať viacerými mediálnymi nástrojmi a prispôbiť ho vekovej i vedomostnej úrovni žiakov. Samotný dej príbehu je lineárny, pričom spadá do kategórie príbehov o putovaní (*quest narrative*), v ktorých hlavní hrdinovia neúnavne pracujú na dosiahnutí cieľa. Úspešné napredovanie je podmienené prekonaním rôznych problémov a prekážok, ktoré sú v tomto príbehu popísané matematickými situáciami a podmienkami riešiteľnosti úlohy.

Ukážka:

„Neviem, či viete, že pyramídy dokázali stavať nielen starovekí Egypťania. Existovala na svete aj iná civilizácia, ktorá to taktiež dokázala. Boli to starí Mayovia, ktorí žili na území strednej Ameriky už viac ako pred 8000 rokmi.“

Tak si predstavte, že vy ste tí neúnavní bádatelia, ktorí po dlhom a strastiplnom putovaní stredoamerickým dažďovým pralesom konečne objavia zatiaľ nepreskúmanú chrámovú pyramídu starých Mayov. Jej nedostupné vnútorné priestory (možno plné vzácných predmetov dnes nevyčísliteľnej hodnoty) stavitelia už v tom čase prezieravo chránili pred neželanými návštevníkmi pomocou premysleného otváracieho mechanizmu.

Jeho zámok je ukrytý v rohu miestnosti. Vyzerá nenápadne a vlastne aj veľmi jednoducho. Pozostáva z troch otvorov, ktoré sú precízne vysekané v kamenných stenách pyramídy. Ak sa má vchod otvoriť, musí sa do všetkých týchto troch kamenných otvorov vsunúť jeden mayský kľúč. Ale ten sa veru nikde nenašiel. Zistili ste o ňom len to, že bol vyrobený zo zlata a že musel celý zapadnúť do každého z otvorov, samozrejme, ak sa natočil do správnej polohy. Zámok sa vám podarí otvoriť len vtedy, ak medzi kľúčom a okrajmi každého z otvorov v stene nezostane žiadna štrbina.

Dokážete zistiť, ako vyzerá taký mayský kľúč? Dokážete ho nakresliť? Dokážete ho vyrobiť aspoň z modelovacej hmoty alebo z papiera, ak už nie zo zlata?“

V tomto príbehu nachádzame niekoľko podnetov, ktoré dovoľujú prispieť k aktivizácii žiakov ich multimedialným spracovaním. Patria k nim:

- rozprávanie alebo čítanie príbehu,
- vizualizácia prostredia, v ktorom sa príbeh odohráva,
- dostupnosť doplňujúcich informácií v rámci medzipredmetových vzťahov (dejepis, geografia a pod.),
- vizualizácia matematického problému,
- poskytnutie spätnej väzby v podobe zobrazenia 3D modelu hľadaného telesa.

Vo výučbe môžu byť tieto podnety podporené viacerými technológiami. My sa podrobnejšie zameriame na technológiu rozšírenej reality, ktorá dovoľuje kumulovať použitie rôznych médií do jedného prostredia.

2.3. Komponent technologických znalosti učiteľa

V súčasnosti existuje mnoho príbehových médií (jednoduché obrázky – príbehové samolepky, hovorené slovo – rozhlasové príbehy, tlačené texty – knihy a časopisy, hrané príbehy – divadlo, film, televízia, adventúry a príbehové hry – internet), ktoré vo svojom evolučnom vývoji preberajú prvky predchádzajúcich médií a posúvajú ich ďalej v reakcii na dosiahnutý technologický pokrok [17]. Za najnovší prírastok do tejto skupiny médií je považovaná rozšírená realita, v ktorej interaktívne príbehy prepájajú reálny svet s virtuálnym svetom za využitia širokého spektra médií [18]. Pre ich inkorporáciu do AR budeme hľadať riešenia v oblasti dostupného technického vybavenia a pokiaľ možno voľne dostupného softvérového riešenia.

Rozprávanie príbehu učiteľom je možné digitalizovať s využitím audiozáznamníkov alebo mobilných telefónov s funkciou záznamu zvuku a ďalej spracovať pomocou voľne dostupných viacstopých audio editorov (napr. softvér Audacity – <https://www.audacityteam.org/>). Snímanie a jednoduchú úpravu video záznamu spravidla umožňujú aplikácie dodávané priamo so snímacími zariadeniami ako aj voľne dostupné videoeditory (napr. ActivePresenter – <https://atomisystems.com/>). Krátke videosekvencie sú taktiež použiteľné v podobe ďalšieho doplňujúceho informačného zdroja.

Vychádzajúc z geometrickej podstaty matematického problému nastoleného v úlohe je prirodzenou snahou nájsť najefektívnejšie spôsoby vizualizácie problému. V zadaní úlohy spomínané otvory možno obrazovo spracovať pomocou ľubovoľného dostupného grafického editora. Je však zrejmé, že medzi rozmermi otvorov existujú vzájomné vzťahy, a teda nemôžu byť volené náhodne. Z tohto dôvodu možno uprednostniť vektorový grafický editor pred rastrovým, nakoľko je tento priamo určený pre vytváranie schém, nákresov alebo technických výkresov. Pri tvorbe modelov v 3D je možné siahnuť po rôznych komerčných i voľne dostupných modelovacích programoch. Modelovanie jednoduchých telies zvláda napríklad aj voľne dostupný matematický program GeoGebra 3D (<http://geogebra.org>).

Pri spracovaní vizuálnej podpory rešpektujeme didaktickú potrebu znázorniť priemety telesa v podobe rovinných útvarov s farebne vyznačenou plochou, teda nielen v podobe ich obrysov ako uzavretých lomených čiar resp. kriviek. Vychádzame z poznania, že žiak na primárnom stupni vzdelávania je zameraný na poznávanie reality a chce ju vidieť takú, aká je [19].

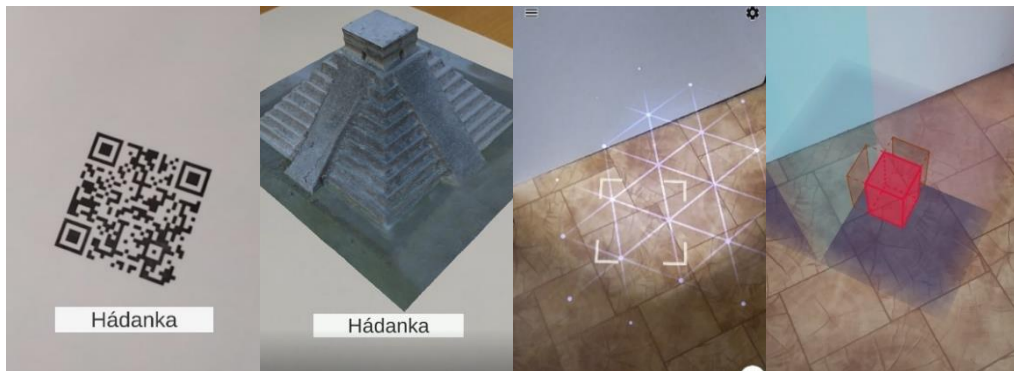
V prípade práce s modelovacím programom umožňujúcim geometrické, prípadne povrchové 3D modelovanie objektov je možné model zadania a výsledku prezentovať žiakom virtuálne s využitím AR (obr. 5) alebo v podobe skutočného modelu (za predpokladu možnosti jeho tlače na 3D tlačiarňami).



OBRÁZEK 5. 3D zobrazenie objektov vytvorených geometrickým (vľavo) a povrchovým modelovaním (vpravo)

V súčasnosti existujú viaceré typy AR, ku ktorým patria:

- *Marker Augmented Reality* – umožňuje aplikácii identifikovať v reálnej scéne vizuálne značky v podobe 2D obrazového materiálu alebo QR kódov. Ich poloha je určujúca pre umiestnenie virtuálneho obsahu do zorného poľa používateľa. Používateľ tak nadobúda dojem, akoby tento tvoril prirodzenú súčasť reálnej scény. Aplikácia AR tiež umožňuje detailnejšie pozorovať a skúmať zobrazený virtuálny obsah scény z rôznych uhlov pohľadu a priblíženia (obr. 6 vľavo).
- *Markless Augmented Reality* – dovoľuje aplikácii detegovať objekty alebo charakteristické body reálnej scény bez predchádzajúcej znalosti prostredia. Vkladanie virtuálnych objektov je realizované na základe skenovania prostredia a vytvárania jeho mapy (obr. 6 vpravo).



OBRÁZEK 6. Marker Augmented Reality QR kód a jeho prekrytie 3D modelom (vľavo) a Markless Augmented Reality mapa prostredia a v nej umiestnený 3D model (vpravo)

Naše poznatky ohľadom výhod a nevýhod využitia týchto dvoch typov AR v praxi môžeme sumarizovať do nasledujúcej tabuľky (tab. 3).

TABUĽKA 3. Výhody a nevýhody vybraných typov AR

AR	Výhody:	Nevýhody:
Marker AR	<p>pri dobrom rozpoznaní značky AR je včlenenie digitálneho obsahu do reality:</p> <ul style="list-style-type: none"> - uveriteľné, - stabilné, - jednoduché na použitie bez potreby zaškolenia. 	<ul style="list-style-type: none"> - jedinečnosť obrazovej alebo textovej značky, ktorá býva dizajnovaná na priamo na mieru, - potreba neprerušovaného snímania značky, prípadne jej opätovného nasnímania, - vplyv kvality značky (vysoký kontrast, nie hladký prechod farieb, pre načítanie dostatočný počet rozpoznateľných bodov), - vplyv vonkajších podmienok (lesk laminátu, chvenie zariadenia alebo značky, zlý sklon snímania, vzdialenosť zariadenia od značky), - možné časové omeškanie zobrazenia rozšírenej reality po načítaní značky.
Markless AR	<ul style="list-style-type: none"> - flexibilnejšie použitie v inodorových aj outdorových priestoroch školy resp. školského zariadenia (bez potreby použitia značiek AR). 	<ul style="list-style-type: none"> - nutnosť detegovať rovný povrch (stôl, školská lavica, podlaha), ktorý má textúru (jednofarebný podklad je nevhodný), - nemožno zaručiť zmysel zobrazeného kontextu.

ZÁVER

Technológie dovoľujú učiteľovi zlepšovať existujúce alebo vytvárať nové typy vzdelávacích aktivít. Vychádzajúc z konkrétnych použitých metód a foriem sa môžu stať informačnými, demonštračnými, výskumnými a bádateľskými nástrojmi, ako aj nástrojmi výpočtového alebo grafického spracovania údajov. AR je jednou z technológií, ktorá vďaka zvyšujúcej sa dostupnosti a znižujúcej sa finančnej náročnosti, nachádza uplatnenie nielen v komerčnom prostredí ale aj v školách. Prvotné výskumy s jej začlenením do výučby matematiky ukazujú zvýšený záujem žiakov o zvolený obsah i spôsob vzdelávania [20].

Z pohľadu učiteľa vidíme potenciál AR v podpore tradičných i netradičných metód výučby orientovaných na potreby žiaka a v možnej a pre žiaka atraktívnej inovácii vzdelávacieho obsahu ponukou multimediálne spracovaných informácií a 3D vizualizácie poskytujúcej učenie na báze dynamického zážitku.

PodĎakování. 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.

LITERATURA

- [1] Schutera, S. et al.: On the Potential of Augmented Reality for Mathematics Teaching with the Application cleARmaths. *Education Sciences*, 2021, 11(8).
- [2] Khan, M., Trujano, F., Maes, P.: Mathland: Constructionist Mathematical Learning in the Real World Using Immersive Mixed Reality. In *Immersive Learning Research Network. Communications in Computer and Information Science*. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2018.
- [3] Liu, D., Dede, Ch., Huang, R., Richards J.: *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*. Springer: Verlag GmbH, 2018.

- [4] Hnatová, J., Hnat, A.: Výhody a úskalí inkorporácie „nových“ digitálnych technológií do matematickej edukácie. In *Elementary Mathematics Education Journal* Univerzita Palackého v Olomouci, 2021.
- [5] Dörner, R., Jung, B., Grimm, P., Broll, W., Göbel, M.: Introduction. In *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013.
- [6] Harris, J., Mishra, P., Koehler, M.: Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 2009.
- [7] ŠPÚ: *Matematika – primárne vzdelávanie*. Bratislava: ŠPÚ, 2014. <https://lnk.sk/hg12>
- [8] Novomeský, Š., Križalkovič, K., Lečko, I.: *Zábavná matematika 300+3 zábavných matematických úloh*. Bratislava: SPN, 1968.
- [9] Kopka, J. 1999.: *Hrozny problémů ve školské matematice*. Ústí na Labem: Univerzita J. E. Purkyně, Acta Universitatis Purkynianae, 1999.
- [10] Gahér, R., Marko, V.: *Metóda, problém a úloha*. Bratislava: Vydavateľstvo Univerzity Komenského v Bratislave, 2017.
- [11] Prídavková, A.: Skúmanie postupov riešenia matematických úloh u budúcich učiteľov primárnej školy. In *Teoretická a edukačná transformácia matematického vzdelávania 2011*. Nitra: SPU v Nitre, 2011.
- [12] Prídavková, A., Štefková, D.: Ako pripraviť budúcich učiteľov pre primárny stupeň vzdelávania na riešenie problémov (?) In *Matematika 6: matematické vzdelávaní v primárni škole - tradice, inovace*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014.
- [13] Mokriš, M.: Metóda generovania problémov a jej aplikácia v geometrii pre elementaristov. In *Příprava učitel'ov elementaristov a európsky multikultúrny priestor*. Prešov: Pedagogická fakulta Prešovskej univerzity, 2005.
- [14] Tomková, B.: Analýza riešenia jednej divergentnej slovnej úlohy. In *Teoretická a edukačná transformácia matematického vzdelávania 2011*. Nitra: SPU, 2011.
- [15] Alterio, M., Mcdrury, J.: *Learning Through Storytelling in Higher Education: Using Reflection and Experience to Improve Learning*. Routledge. 2003.
- [16] Abrahamson, C. E.: Storytelling as a pedagogical tool in higher education. *Education*. Gale Academic OneFile, 1998.
- [17] Pamplin, R.: News: Augmented Reality surprised Sundance Film Festival with a journey into the human brain. [online]. <https://lnk.sk/maix>
- [18] Macintyre, B. et al.: Augmented reality as a new me-dia experience. *Proceedings IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality*, 2001.
- [19] Vágnerová, M.: *Vývojová psychologie. Dětství a dospívání*. Praha: Karolinum, 2012.
- [20] Demitriadou, E., Stavroulia, K., Lanitis, A.: Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Educ Inf Technol*, 2020.

KATEDRA MATEMATICKEJ EDUKÁCIE, PEDAGOGICKÁ FAKULTA, PREŠOVSKÁ UNIVERZITA V PREŠOVE,
UL. 15. NOVEMBRA 17, PREŠOV, SR
E-mail address: jana.hnatova@unipo.sk

KATEDRA MEDIAMATIKY A KULTÚRNEHO DEDIČSTVA, FAKULTA HUMANITNÝCH VIED, ŽILINSKÁ
UNIVERZITA V ŽILINE, UNIVERZITNÁ 8215/1, ŽILINA, SR
E-mail address: adam.hnat@fhv.uniza.sk

KATEDRA POČÍTAČOV A INFORMATIKY, FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY, TECHNICKÁ
UNIVERZITA V KOŠICIACH, LETNÁ 1/9, KOŠICE SR
E-mail address: betka.buckova@gmail.com