
Využitie AR v STEM vzdelávaní – nástroje, aplikácie a aspekty ich využitia (výber)

The use of AR in STEM education – tools, applications and aspects of their use (selection)

Zsolt Simonka¹, Anna Strešňáková¹, František Slaninka¹

Abstrakt

Príspevok je venovaný virtuálnej a rozšírenej realite ako moderným a efektívnym prvkom digitalizácie v súčasnosti. Virtuálna realita prináša nové možnosti v oblasti vzdelávania, obchodu, práce a zákazníckej skúsenosti, čím pomáha zlepšiť efektívnosť a inováciu v ekonomike. Rozšírená realita je často využívaná v obchode a marketingu pre interaktívne reklamy a prezentácie produktov, v turizme pre virtuálne prehliadky pamiatok a destinácií, v priemysle pre výcvik a údržbu zariadení a v architektúre pre vizualizáciu projektov v reálnom prostredí. Tento článok skúma rôzne spôsoby využitia AR a VR vo vzdelávaní STEM (veda, technológia, inžinierstvo a matematika), vrátane interaktívnych 3D modelov, virtuálnych laboratórií a simulácií, terénnych aplikácií a kolaboratívnych projektov. Článok tiež predstavuje konkrétne nástroje a aplikácie, ktoré využívajú AR a VR vo vzdelávacích prostrediach a poskytuje prehľad o ich implementácii a účinkoch. Na záver zdôrazňuje, že správne plánovanie a podpora môžu minimalizovať výzvy a maximalizovať prínosy týchto technológií, čím transformujú vzdelávanie a poskytujú študentom nové a vzrušujúce možnosti učenia sa. Tieto technológie neustále napredujú a posúvajú sa od mobilných zariadení k celému ekosystému, čím otvárajú nové možnosti pre vzdelávanie, priemysel, zábavu a ďalšie odvetvia.

Kľúčové slová

rozšírená realita, STEM vzdelávanie, interaktívne učenie, vzdelávacie technológie, GeoGebra
AR

Abstract

This paper focuses on virtual and augmented reality as modern and effective elements of digitalisation today. Virtual reality brings new possibilities in education, commerce, work, and customer experience, thus helping to improve efficiency and innovation in the economy. Augmented reality is frequently used in commerce and marketing for interactive advertisements and product presentations, in tourism for virtual tours of landmarks and destinations, in industry for training and maintenance of equipment, and in architecture for visualising projects in real environments. This article explores various ways of using AR and VR in STEM education (science, technology, engineering, and mathematics), including interactive 3D models, virtual laboratories and simulations, field applications, and collaborative projects. The article also presents specific tools and applications that utilise AR and VR in educational settings, providing an overview of their implementation and effects. In conclusion, it emphasises that proper planning and support can minimise challenges and maximise the benefits of these technologies, transforming education and offering students new and exciting learning opportunities. These technologies are continuously advancing and moving from mobile devices to a whole ecosystem, opening new possibilities for education, industry, entertainment, and other sectors.

¹ Ekonomická univerzita v Bratislave, Fakulta hospodárskej informatiky, Katedra matematiky a aktuárstva, Dolnozemska cesta 1, 852 35 Bratislava, zsolt.simonka@euba.sk, anna.stresnakova@euba.sk, frantisek.slaninka@euba.sk.

Key words

Augmented Reality (AR), STEM Education, Interactive Learning, Educational Technologies, GeoGebra AR

JEL classification

M15, O33

1 Úvod

Virtuálna realita (Virtual Reality - VR) a rozšírená realita (Augmented Reality - AR) predstavujú dve pokročilé technológie, ktoré menia spôsob, ako vnímame a interagujeme s digitálnym svetom. Virtuálna realita nás ponára do úplne nových virtuálnych svetov, zatiaľ čo rozšírená realita pridáva digitálny obsah do nášho reálneho prostredia. Obidve umožňujú užívateľom interagovať s digitálnym obsahom a okolím prostredníctvom zmyslového vnemu. Hoci majú podobné základy, vo svojej podstate sú rozdielne.

Virtuálna realita vytvára úplne virtuálne prostredie, kde užívateľ je plne pohltý a vníma len virtuálny svet. Užívateľ používa špeciálne zariadenia, ako sú VR okuliare alebo headsety, aby sa pripojil k virtuálnemu prostrediu.

Virtuálne prostredie je simulované, počítačom generované prostredie, ktoré umožňuje užívateľom úplne sa odpojiť od reálneho sveta a vnímať iba virtuálny svet. Užívatelia majú pocit, že sú súčasťou virtuálneho prostredia. Špeciálne zariadenia, ako sú napríklad VR headsety, im umožňujú interagovať s virtuálnymi objektmi a scénami prostredníctvom ovládačov alebo senzorov pohybu, čím podporujú pocit plného ponorenia sa do virtuálneho sveta.

Rozšírená realita kombinuje skutočný svet s digitálnymi prvkami, čím rozširuje a obohacuje vnímanie reálneho okolia. Rozšírená realita je oblasť počítačového výskumu, ktorá sa zaoberá kombináciou počítačom generovaných údajov a skutočného sveta. Okrem toho rozšírená realita zahŕňa spoluprácu s real-time informáciami a údaje možno vytvárať v reálnom čase. Užívateľ vidí skutočný svet a v ňom sú zobrazované virtuálne objekty alebo informácie.

AR vlastne rozširuje reálny svet o digitálny obsah. Užívatelia môžu vidieť a vnímať skutočný svet okolo seba, avšak doplnený o virtuálne prvky. AR využíva rôzne zariadenia, ako sú smartfóny, tablety alebo špeciálne okuliare, aby užívateľom umožnila vidieť virtuálne objekty a informácie prezentované v ich reálnom prostredí. Užívatelia môžu interagovať s virtuálnymi objektmi a ovládať ich pomocou hlasových príkazov, gest alebo dotykov.

Oba tieto typy technológií majú široké využitie v rôznych odvetviach a oblastiach. VR sa často používa v hernom priemysle, v medicíne pre simuláciu chirurgických zákrokov, vo vzdelávaní pre interaktívne a pohlcujúce vzdelávacie prostredie a v architektúre pre virtuálne prehliadky budov a priestorov.

Technológie rozšírenej a virtuálnej reality sa líšia aj v zariadeniach potrebných na spustenie virtuálneho zážitku.

V prípade rozšírenej reality nepotrebujete nevyhnutne zložitý špecializovaný prístroj - hardvér. Stačiť môžu bežné mobilné zariadenia ako smartfóny alebo tablety. Pre intenzívnejší zážitok je možné použiť ďalšie vybavenie:

- nositeľné okuliare AR,
- holografické displeje,
- inteligentné zrkadlá,
- projektory, atď.

Virtuálna realita je zase komplexnejšia technológia a vyžaduje špeciálny hardvér, ako napríklad:

- pripojené alebo samostatné headset súpravy VR,

- VR zariadenia pre smartfóny,
- ovládače alebo rukavice,
- senzory.

2 Využitie AR v STEM vzdelávaní

Rozšírená realita sa začína objavovať nielen v prostredí počítačových hier, ale aj v aplikáciách, ktoré sú dostupné pre majiteľov bežných počítačov či mobilných telefónov. Vďaka tomu sa AR stáva čoraz dostupnejšou technológiou aj vo vzdelávaní, konkrétne v oblasti STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Moderné AR nástroje umožňujú študentom prístup k interaktívnym vzdelávacím materiálom, ktoré menia spôsob, akým sa učia a chápu zložité koncepty.

Využitie rozšírenej reality (AR) vo vzdelávaní STEM prináša množstvo príležitostí na zlepšenie učenia a zapojenia študentov. (Koreňová, 2019)

Interaktívne 3D modely využívajúce rozšírenú realitu prinášajú významné výhody pre STEM vzdelávanie tým, že umožňujú študentom hlbšie porozumieť a prakticky pracovať s komplexnými konceptami. Táto technológia transformuje tradičné učebné metódy prostredníctvom vizualizácie zložitých štruktúr, ako sú biologické modely buniek a orgánov alebo chemické molekuly, čo študentom umožňuje lepšie pochopiť chemické väzby a reakcie.

AR tiež umožňuje simuláciu experimentov bez rizika a vysokých nákladov spojených s reálnymi experimentálnymi zariadeniami. Študenti môžu napríklad bezpečne skúmať fyzikálne javy ako elektrické obvody alebo mechanické pohyby a v inžinierstve môžu navrhovať, testovať a optimalizovať stroje a štruktúry. Toto všetko podporuje experimentálne učenie a pomáha študentom testovať rôzne hypotézy v kontrolnom prostredí. (Bacca et al., 2014)

Použitie AR zvyšuje nielen interaktivitu a záujem o učivo, ale tiež spoluprácu medzi študentami. Umožňuje im pracovať na spoločných projektoch a zdieľať svoje poznatky a riešenia v reálnom čase. Učitelia môžu využívať AR na vytváranie interaktívnych výukových programov, ktoré umožňujú študentom učiť sa vlastným tempom s možnosťou praktického zapojenia do učebného procesu. (Koreňová et al., 2022)

AR prispieva aj k zvýšeniu prístupnosti vzdelávania tým, že poskytuje virtuálne verzie drahých alebo ťažko dostupných prístrojov a laboratórnych zariadení, čím umožňuje všetkým študentom získať potrebné praktické skúsenosti. Navyše, aplikácie môžu byť prispôbené na podporu študentov s rôznymi vzdelávacími potrebami, vrátane tých s vizuálnymi alebo motorickými obmedzeniami.

Uvádzame niektoré spôsoby, ako sa AR môže využiť vo vzdelávaní STEM:

- *Interaktívne 3D modely*: AR umožňuje študentom interaktívne preskúmať 3D modely molekúl, bunkových štruktúr, matematických objektov a iných komplexných konceptov. Tento prístup im pomáha lepšie pochopiť aj tie najabstraktnejšie koncepty.
- *Virtuálne laboratóriá*: Študenti môžu využívať AR na vykonávanie praktických experimentov v simulovaných virtuálnych laboratóriách. Tieto bezpečné a opakovateľné experimentálne prostredia podporujú hlbšie pochopenie vedeckých princípov.
- *Terénne aplikácie*: V oblastiach ako geografia, biológia a environmentálna veda môžu študenti využívať AR na prieskum reálnych terénov a interakciu s geografickými, biologickými alebo environmentálnymi údajmi priamo v ich prirodzenom prostredí.
- *Simulácie inžinierstva*: V oblasti inžinierstva slúži AR na vizualizáciu a simuláciu inžinierskych projektov a procesov. Študenti majú možnosť interaktívne preskúmať rôzne inžinierske riešenia a ich potenciálne dopady vo virtuálnom prostredí.

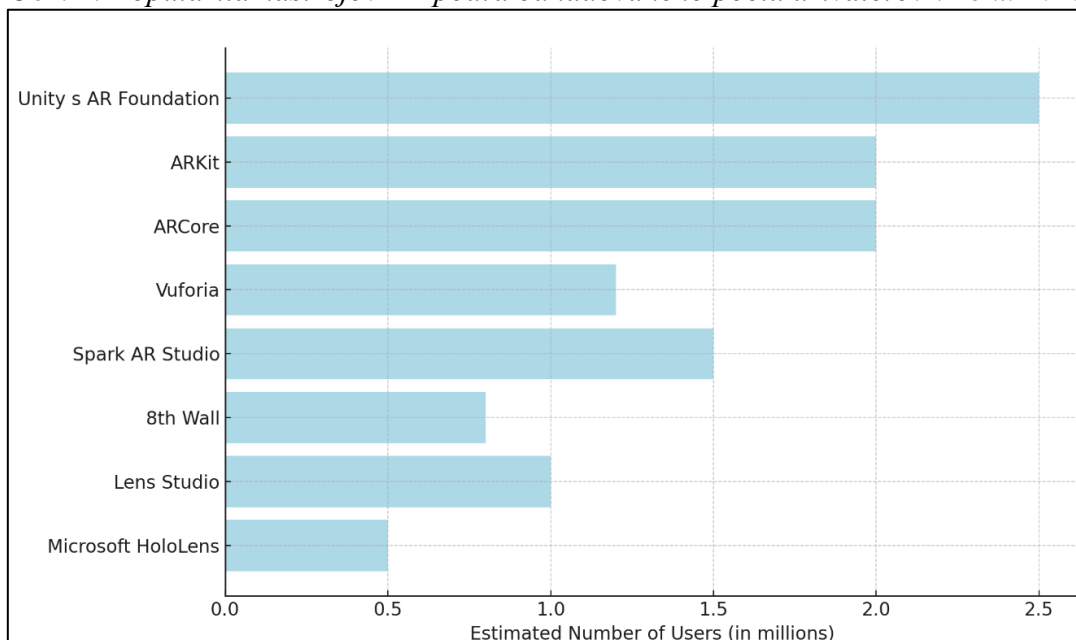
- **Praktické skúsenosti:** AR môže byť využitá na získavanie praktických skúseností v rámci STEM disciplín, umožňujúc študentom experimentovať, testovať a riešiť problémy v simulovanom, kontrolovanom prostredí.
- **Kolaboratívne projekty:** AR podporuje kolaboratívne projekty a spoluprácu medzi študentmi, ktorí môžu spoločne pracovať na riešení problémov a projektov v interaktívnom virtuálnom prostredí.

Integrácia AR do vyučovacieho procesu vo STEM disciplínach môže zlepšiť zapojenie študentov, posilniť ich porozumenie učiva a podporiť rozvoj praktických zručností a kritického myslenia. (Bower et al., 2017)

3 Nástroje AR – výber podľa obľúbenosti, funkcií a aplikovateľnosti v STEM

Výber správnych nástrojov AR pre výučbu a aplikáciu v STEM je kľúčový pre efektívne učenie a zapojenie študentov. Tieto nástroje zvyšujú porozumenie pomocou 3D modelov, simulácií a praktických cvičení v reálnom čase. Uvádzame a charakterizujeme vybrané AR nástroje vychádzajúc z ich popularity a počtu užívateľov v roku 2023 (obr. 1).

Obr. 1: Popularita nástrojov AR podľa odhadovaného počtu užívateľov v roku 2023



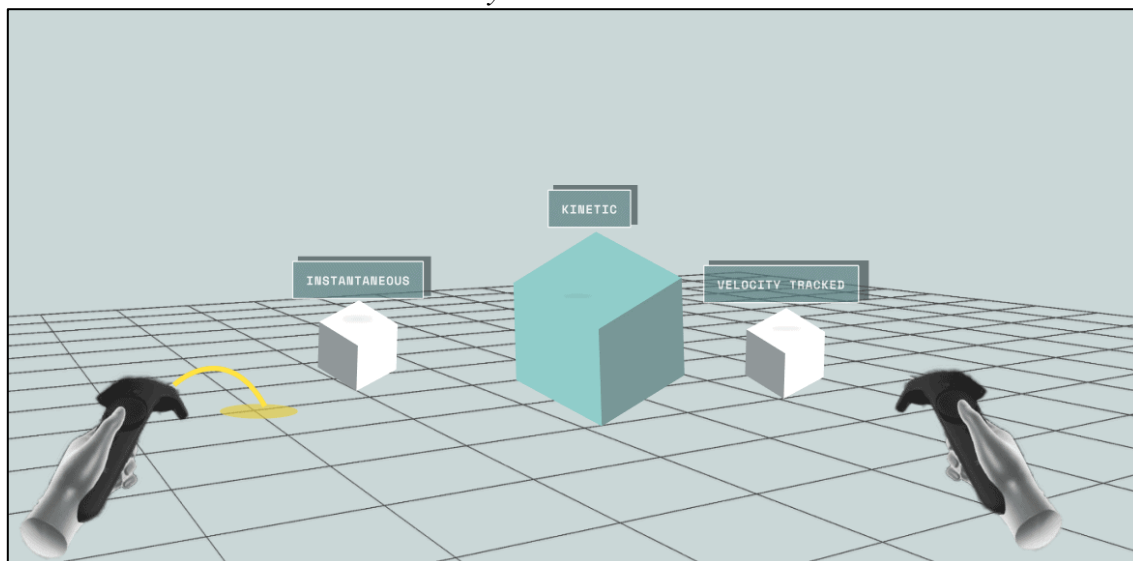
Zdroj: Vlastné spracovanie podľa (Bacca et al., 2014; Bower et al., 2017; Creighton, 2010).

2.1 Unity

Unity je najpopulárnejšia univerzálna platforma, ktorá podporuje vývoj hier pre rôzne platformy, vrátane počítačov, mobilných zariadení, herných konzol, VR a AR zariadení. Ponúka širokú škálu nástrojov a funkcií na tvorbu hier a aplikácií, vrátane grafických editorov, animačných nástrojov, fyzikálnych simulácií a iné (Creighton, 2010; Schröter et al, 2017). Má integrovanú podporu pre vývoj aplikácií AR a VR. S *AR Foundation* je možné vytvárať aplikácie pre ARCore a ARKit z jedného zdrojového kódu (slúži ako most medzi nástrojmi ARCore (Google) a ARKit (Apple) a je integrovaná priamo do populárneho herného enginu Unity). Taktiež obsahuje nástroje ako *Unity XR Toolkit* (umožňuje vytvárať AR a VR aplikácie s využitím rovnakého základného kódu, pričom podporuje rôzne zariadenia, ako sú VR headsety, AR okuliare a mobilné zariadenia - obr. 2). Unity XR Toolkit obsahuje preddefinované interakčné modely, ktoré umožňujú jednoduchú implementáciu základných XR

funkcií, ako sú uchopenie objektov, ukazovanie na objekty, teleportácia v rámci virtuálneho prostredia alebo pohyb vo VR/AR.

Obr. 2: Unity's XR Interaction Toolkit



Zdroj: (Sergeev, 2020)

Unity má veľkú a aktívnu komunitu vývojárov, ktorá zdieľa znalosti, nápady a riešenia problémov. Okrem toho Unity poskytuje rozsiahlu dokumentáciu, tutoriály a oficiálnu podporu, čo zjednodušuje učenie sa a vývoj na platforme. Unity ponúka niekoľko rôznych licenčných modelov, vrátane bezplatnej verzie s obmedzenými možnosťami a platených verzí s rozšírenými funkciami a podporou.

2.2 ARKit a ARCore

ARKit je platforma pre rozšírenú realitu (AR) vyvinutá spoločnosťou Apple, ktorá je špeciálne určená pre zariadenia so systémom iOS. Umožňuje vývojárom vytvárať aplikácie s rozšírenou realitou pre iPhone a iPad, pričom využíva pokročilé schopnosti hardvéru Apple, ako sú kamery, senzory pohybu a procesory. ARKit je známy svojou vysokou presnosťou a výkonnými nástrojmi, ktoré umožňujú vytvárať plynulé a realistické AR zážitky. ARCore je platforma pre rozšírenú realitu vyvinutá spoločnosťou Google, ktorá je určená pre zariadenia so systémom Android. ARCore poskytuje vývojárom nástroje na vytváranie AR aplikácií, ktoré fungujú na širokom spektre Android zariadení, pričom využíva pokročilé algoritmy na sledovanie prostredia, detekciu povrchov a integráciu virtuálnych objektov do reálneho sveta. (Chhatbar, 2021 Credera 2020)

Napriek tomu, že každá z týchto platforiem má svoje špecifické vlastnosti (porovnanie ich vlastností je na obr. 3), mnohé kľúčové funkcie sú pre obe technológie spoločné a slúžia na podobné účely ako napríklad:

- *sledovanie pohybu a detekcia plôch*: obe platformy využívajú kamery a senzory na sledovanie pohybu zariadenia a rozpoznávanie povrchov (podlahy, steny), kde môžu byť umiestnené virtuálne objekty;
- *odhad svetelných podmienok*: analyzujú svetlo v prostredí a prispôbujú osvetlenie virtuálnych objektov, aby sa lepšie integrovali do reálneho sveta;
- *sledovanie osôb a tvárí*: podporujú sledovanie postáv a rozpoznávanie tvárí, čo umožňuje vytvárať interaktívne AR zážitky;

- *multiplayerové AR a cloudové kotvy*: obe umožňujú zdieľané AR zážitky medzi viacerými používateľmi a ukladajú pozície virtuálnych objektov v cloude;
- *simultánna lokalizácia a mapovanie (SLAM)*: technológia SLAM umožňuje vytváranie máp prostredia v reálnom čase a presné umiestňovanie objektov.

Obr. 3: Porovnanie funkcií ARKit a ARCore v roku 2022

Feature	ARKit	ARCore
World Tracking	●	●
Image Tracking	●	●
Face Tracking	●	●
Geo Tracking	●	●
Body Tracking	●	●
Plane Detection	●	●
Scene Depth	●	●
Object Detection	●	●
Shared AR	●	●
Meshing (LiDAR)	●	●

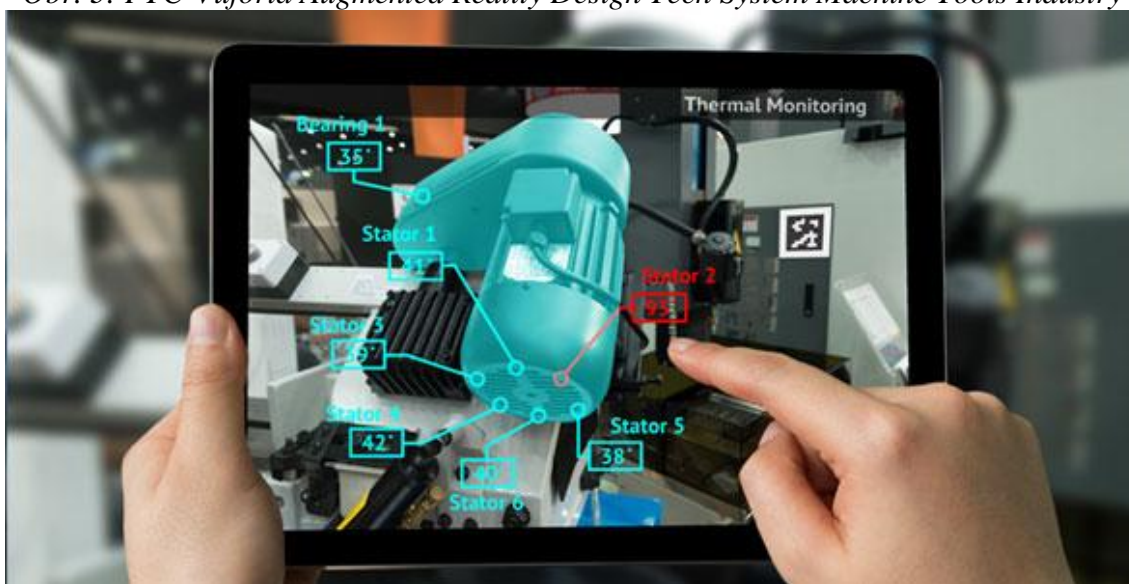
● the feature is presented on the platform and is effective
 ● the feature is less effective or not available for developers
● the feature is not presented on the platform

Zdroj: (Makarov, 2024)

2.3 Vuforia

Vuforia je popredná platforma pre rozšírenú realitu, ktorá poskytuje nástroje a *Software Development Kit* (SDK) na vytváranie AR aplikácií (Uderbayeva & Schmidt, 2022). Jednou z hlavných funkcií Vuforie je schopnosť rozpoznať a sledovať rôzne obrazy, obrázky a markery v reálnom svete. Tieto markery môžu slúžiť ako referenčné body pre umiestnenie virtuálnych objektov v prostredí (Obr. 3).

Obr. 3: PTC-Vuforia Augmented Reality Design Tech System Machine Tools Industry



Zdroj: <https://www.mtwmag.com/ptc-vuforia-augmented-reality-ar-designtech-system/>

Vuforia ponúka rozšírené sledovanie, ktoré umožňuje AR aplikáciám sledovať pohyb a polohu objektov v reálnom čase, čo umožňuje dynamickú interakciu s prostredím (tiež funkciu rozpoznávania tvárí, detekcie pohybu, interaktívnych gest a animácií). Je kompatibilná s viacerými platformami, vrátane iOS, Android, Windows, macOS a Unity.

2.4 Spark AR Studio

Spark AR Studio je platforma vyvinutá spoločnosťou Facebook (Meta) pre tvorbu rozšírených realitných (AR) efektov, ktoré sú primárne určené pre sociálne siete ako *Facebook*, *Instagram* a *Messenger*. Táto platforma umožňuje tvorcom – či už profesionálnym vývojárom, dizajnérom alebo bežným používateľom – vytvárať vlastné AR filtre a efekty, ktoré môžu byť zdieľané s používateľmi týchto sociálnych sietí. Vzhľadom na predpokladaný počet užívateľov patrí medzi tie najvyužívanejšie, vzhľadom na svoje zameranie (mimo oblasť vzdelávania) sa tejto platforme bližšie venovať nebudeme.

3 Návrh metodologického prístupu a hodnotenia efektivity AR nástrojov

Zber údajov

V rámci navrhovanej metodológie by bolo vhodné sa zamerať na kombinovaný prístup zahŕňajúci kvalitatívne a kvantitatívne metódy. Hlavným zdrojom údajov by boli dotazníky distribuované medzi študentov a pedagógov, ktorí by využívali AR aplikácie v oblasti STEM vzdelávania. Dotazníky by obsahovali otázky zamerané na hodnotenie interaktivity, prínosu AR pre porozumenie komplexných učebných látok a celkového vplyvu na vzdelávací proces. Sekundárne údaje by mohli byť získavané z existujúcich štúdií a výskumov, ktoré sa zaoberajú aplikáciou AR technológií vo vzdelávaní. Tieto údaje by slúžili na porovnanie a podporu našich zistení.

Spracovanie a analýza údajov

Navrhovaný prístup k spracovaniu údajov by mal zahŕňať štatistickú analýzu výsledkov dotazníkov s cieľom identifikovať hlavné trendy a korelácie. Kvalitatívne údaje je možné spracovať tematickou analýzou v prospech nadobudnutia hlbšieho porozumenia skúsenostiam študentov a pedagógov s AR nástrojmi. Empirické dáta je následne potrebné kategorizovať podľa ich významnosti pre jednotlivé aspekty vzdelávacieho procesu, ako je napríklad úroveň porozumenia a zapojenia študentov.

Kritériá hodnotenia efektivity AR nástrojov

Pri návrhu hodnotenia efektivity AR nástrojov je potrebné definovať hlavné kritériá (napr. uvedených päť):

1. *interaktivita* - meranie schopnosti AR technológií aktívne zapájať študentov do učenia prostredníctvom interaktívnych simulácií a 3D modelov,
2. *zlepšenie porozumenia* - hodnotenie prínosu AR pri vizualizácii a vysvetľovaní zložitých teoretických pojmov v STEM disciplínach,
3. *spolupráca* - schopnosť AR nástrojov podporovať tímovú prácu a kolaboratívne projekty,
4. *praktická aplikovateľnosť* - schopnosť AR umožniť študentom vykonávať simulované experimenty a praktické úlohy,
5. *dostupnosť a jednoduchosť použitia* - posúdenie technologických požiadaviek a užívateľskej prívetivosti pre pedagogický proces.

Poznámka: Každý z nástrojov by mohol byť hodnotený na základe uvedených kritérií pomocou Likertovej škály v rozsahu 1-5, kde 1 predstavuje minimálny prínos a 5 maximálny.

Metriky úspešnosti

Návrh a vyhodnotenie úspešnosti implementácie AR nástrojov by mal byť založený na niekoľkých kľúčových ukazovateľoch:

- *zvýšenie angažovanosti študentov* - tento indikátor je možné vyhodnocovať na základe spätnej väzby od študentov, ktorí uvádzali mieru ich záujmu a aktívnej účasti počas lekcií s AR technológiami;
- *zlepšenie akademických výsledkov* - zmenu vo výkonoch študentov je možné sledovať porovnaním výsledkov testov pred a po implementácii AR do vzdelávacieho procesu;
- *zlepšenie praktických zručností* - tento indikátor zahŕňa schopnosť študentov aplikovať teoretické vedomosti na praktické úlohy, čo je merateľné prostredníctvom simulácií a experimentov uskutočnených v prostredí AR;
- *spätná väzba pedagógov* - učitelia hodnotia jednoduchú integráciu AR do učebných osnov a jej prínos k výučbe zložitejších a inak nerealizovateľných tém.

Tento metodologický prístup ponúka komplexný rámec na hodnotenie efektivity AR nástrojov vo vzdelávaní STEM a navrhuje konkrétne kritériá pre posúdenie ich vplyvu na učenie a praktické zručnosti študentov.

4 Použitie AR aplikácií v školskom prostredí

V procese učenia a učenia sa je potenciál využitia AR stále nevyčerpaný a ponúka nové a nové možnosti, a to nielen v eLearningových aplikáciách (Sinha, 2024). Mnohí z bežných používateľov počítačov a mobilných zariadení si myslia, že rozšírená realita sa používa iba v počítačových a mobilných hrách, ako je napríklad Pokémon Go alebo na platformách sociálnych sietí, ako je aplikácia Snapchat. Avšak impozantným príkladom rozsiahleho využitia AR aj VR vo vzdelávaní je napríklad Google Expeditions.

Google Expeditions

Google Expeditions predstavuje nástroj rozšírenej reality (AR) a virtuálnej reality (VR), ktorý je široko využívaný v edukačných inštitúciách po celom svete. Tento nástroj ponúka učiteľom a študentom interaktívne a imerzívne vzdelávacie zážitky, ktoré rozširujú tradičné učebné metódy (Radianti et al., 2020). Uvádzame niekoľko príkladov, ako *Google Expeditions* prispieva k vzdelávaniu:

- *Virtuálne výlety a exkurzie*: *Google Expeditions* umožňuje študentom navštíviť historické miesta, múzeá, národné parky a dokonca aj vesmír bez toho, aby opustili triedu. Toto je obzvlášť hodnotné pre školy, ktoré nemôžu financovať skutočné exkurzie. Študenti môžu napríklad prechádzať starovekými ruinami Machu Picchu alebo preskúmať Mliečnu dráhu, čo im umožňuje lepšie porozumieť histórii a vesmírnym vedám. (Alelaimat & Ahmad, 2019)
- *Zlepšenie porozumenia zložitých konceptov*: V oblastiach ako biológia, geológia a environmentálne vedy môže *Google Expeditions* pomôcť študentom vizualizovať zložité procesy. Napríklad, študenti môžu vidieť, ako vyzerá fotosyntéza na molekulárnej úrovni alebo ako sa formujú horské pásma, čo uľahčuje ich porozumenie zložitých prírodných procesov.
- *Podpora globálnej a kultúrnej povedomosti*: *Expeditions* ponúka virtuálne cesty do rôznych krajín a kultúr, čo študentom umožňuje lepšie pochopiť a oceniť globálnu diverzitu. Študenti môžu napríklad navštíviť tradičné dediny v Afrike, preskúmať moderné mestá Ázie alebo sa naučiť o historických udalostiach v Európe.
- *Vzdelávanie v prírodných vedách*: *Expeditions* môže poslúžiť ako nástroj na prehľbovanie znalostí v prírodných vedách, ako sú astronómia, geológia a biológia. Študenti môžu preskúmať vnútro zeme, pozorovať výbuch sopky alebo sledovať životný cyklus živočíchov v ich prirodzenom prostredí.
- *Profesionálne orientácie a kariérny rozvoj*: *Google Expeditions* tiež poskytuje možnosti na preskúmanie rôznych profesijných dráh a pracovných prostredí. Študenti môžu virtuálne navštíviť inžinierske firmy, vedecké laboratóriá alebo umelecké ateliéry, čo im pomáha pri rozhodovaní o svojej budúcej kariére.

V nasledujúcej časti sa pozrieme na najpopulárnejšie aplikácie AR a poukážeme na ich aplikovateľnosť v rôznych oblastiach STEM vzdelávania, pričom zohľadníme ich funkcie, používateľskú základňu a efektívnosť. Vo vzdelávaní sa používa množstvo konkrétnych AR aplikácií, ktoré pomáhajú študentom lepšie porozumieť rôznym konceptom a urobiť učenie interaktívnejším a zábavnejším.

Náš výber obmedzíme na STEM vzdelávanie, kde sa AR aplikácie používajú na zlepšenie porozumenia technických a vedeckých konceptov.

AR aplikácie vhodné pre STEM vzdelávanie

- *Anatomy 4D* - umožňuje študentom preskúmať detaily ľudského tela vo viacerých vrstvách pomocou AR. Môžu vidieť a analyzovať jednotlivé orgánové systémy, ako sú svaly, kosti, krvný obeh a nervový systém, a to v 3D modeloch. Namiesto klasických 2D obrázkov z učebníc študenti môžu detailne preskúmať telo v 3D, čo vedie k hlbšiemu porozumeniu.
Využitie pre STEM: Biológia a medicína.
- *JigSpace* - je aplikácia, ktorá umožňuje študentom objavovať široké spektrum 3D modelov, vrátane strojov, technických mechanizmov, molekulárnych štruktúr, a mnohých ďalších objektov. Používatelia môžu rotovať a skúmať tieto objekty v rozšírenej realite.
Využitie pre STEM: V technológii a inžinierstve aplikácia poskytuje možnosť interaktívne preskúmať zariadenia, ako sú motory, elektronika a rôzne mechanizmy. V chémii môžu študenti preskúmať molekulárne štruktúry a chemické väzby. V biológii môže slúžiť na analýzu buniek alebo iných organických štruktúr.
- *Merge Cube* - je to fyzická kocka, ktorá sa používa na zobrazenie a manipuláciu 3D objektov v rozšírenej realite. Pomocou AR aplikácie môžu študenti vidieť a skúmať objekty, ako sú orgány, vesmírne objekty, chemické prvky alebo geometrické tvary, akoby ich držali v rukách.
Využitie pre STEM: V astronómii môže Merge Cube zobrazit' planetárne systémy alebo iné vesmírne objekty. V biológii môžu študenti preskúmať ľudské orgány v 3D a analyzovať ich funkciu. V chémii môže byť použité na skúmanie molekúl a ich interakcií. V geometrii poskytuje možnosť manipulácie s trojrozmernými objektmi, čo pomáha pochopiť ich tvary a vlastnosti.
- *Quiver* - kombinuje tradičné kreslenie s rozšírenou realitou. Študenti môžu najprv nakresliť alebo vyfarbiť obrázky na papieri, a potom prostredníctvom AR aplikácie ich diela ožijú v 3D. Aplikácia obsahuje vzdelávacie balíky, ktoré pokrývajú vedecké a matematické koncepty.
Využitie pre STEM: V biologických vedách môže Quiver demonštrovať životné cykly organizmov alebo fungovanie rôznych biologických procesov. V matematike môžu študenti objavovať geometrické tvary a zložité vzorce v 3D prostredí, čo pomáha zlepšiť priestorové videnie a porozumenie.
- *Augment* - umožňuje používateľom vytvárať a vizualizovať 3D modely v reálnom prostredí. Aplikácia je univerzálna a podporuje široké spektrum vzdelávacích oblastí, kde je potrebné prezentovať modely objektov alebo simulovať experimenty.
Využitie pre STEM: V technológii a inžinierstve môžu študenti vizualizovať technické modely, napríklad štruktúry mostov alebo častí strojov. V geometrii a matematike môžu manipulovať s geometrickými objektmi. V chémii môžu študenti analyzovať molekulárne štruktúry a reakcie.
- a ďalšie, ako napr. *SkyView*, *Froggipedia*, *Math Ninja AR*, *Chemistry AR*, ...

4.1 Rozšírená realita a virtuálna realita v IT vzdelávaní

Rozšírená realita (AR) a virtuálna realita (VR) v IT vzdelávaní prinášajú inovatívne prístupy k výučbe a rozvíjaniu praktických zručností študentov. Tieto technológie umožňujú

študentom nielen lepšie pochopiť teóriu, ale aj prakticky aplikovať svoje zručnosti v bezpečnom a kontrolovanom prostredí. AR a VR menia spôsob, akým sa študenti učia o programovaní, kybernetickej bezpečnosti, sieťových technológiách a iných oblastiach IT, čím im poskytujú lepšiu prípravu na budúcu kariéru v tejto dynamickej oblasti.

Výber možností využitia AR/VR v IT vzdelávaní:

- *Praktické simulácie a tréningy*
VR umožňuje študentom IT prácu v simulovaných prostrediach, kde môžu napríklad vytvárať siete, spravovať servery alebo simulovať prácu s virtuálnymi dátovými centrami. V prostredí VR môžu bezpečne experimentovať s rôznymi technickými systémami a vidieť okamžité výsledky svojich rozhodnutí bez rizika zlyhania reálnych systémov.
AR umožňuje pridávať digitálne objekty a informácie do reálneho sveta, čo je užitočné pri učení sa, ako napríklad analyzovať hardvérové komponenty, zobrazovať štruktúry kódu alebo vizualizovať dátové toky v skutočnom čase priamo na fyzickom zariadení.
- *Programovanie a vývoj softvéru*
AR môže študentom pomôcť lepšie pochopiť abstraktné koncepty v programovaní tým, že kódy a algoritmy vizualizuje v priestore. Študenti môžu vidieť, ako rôzne časti kódu ovplyvňujú výsledný produkt v reálnom čase, čo môže zjednodušiť porozumenie objektovo orientovanému programovaniu alebo algoritmickým štruktúram.
VR umožňuje vývojárom softvéru testovať svoje aplikácie v simulovaných prostrediach, čo je užitočné napríklad pri vývoji hier alebo iných interaktívnych aplikácií, kde môžu študenti vidieť výsledok svojho programovania v 3D priestore.
- *Kybernetická bezpečnosť*
VR simulácie môžu byť použité na výučbu kybernetickej bezpečnosti, kde môžu študenti analyzovať a reagovať na simulované kybernetické útoky v kontrolovanom prostredí. VR umožňuje simulovať rôzne kybernetické hrozby a incidenty, čo poskytuje reálne skúsenosti v simulovanom prostredí.
AR môže pomôcť v reálnom čase zobrazovať stav sieťových systémov, detegovať potenciálne hrozby alebo poskytovať vizuálnu spätnú väzbu na bezpečnostné prvky v infraštruktúre.
- *Výučba sieťových technológií*
VR môže simulovať kompletne sieťové infraštruktúry, kde môžu študenti vidieť, ako fungujú siete, ako sú zariadenia prepojené a ako funguje prenos dát v sieti. To umožňuje študentom lepšie pochopiť zložité siete a analyzovať rôzne topológie v realistickom prostredí.
AR môže zjednodušiť učenie sa o fyzických prvkoch sietí, ako sú káble, servery a prepínače, tým, že na reálnych zariadeniach zobrazí ich štruktúru a funkciu v interaktívnom formáte.
- *Spolupráca a tímová práca*
VR platformy ako *Engage* alebo *AltspaceVR* umožňujú IT študentom spolupracovať na diaľku v zdieľanom virtuálnom prostredí. Môžu organizovať virtuálne tímové stretnutia, spoločne riešiť projekty alebo simulovať spoluprácu na kódoch a dizajnoch. To podporuje zručnosti tímovej práce a zlepšuje komunikáciu medzi študentmi aj v situáciách, keď sú fyzicky oddelení.
AR môže byť využitá na kolaboratívne riešenie problémov v reálnom čase, pričom každý člen tímu vidí rovnaké virtuálne informácie nad reálnym svetom.
- *Rozšírená vizualizácia dát*
AR a VR umožňujú vizualizovať veľké množstvo dát a komplexné algoritmy v trojrozmernom priestore. V IT vzdelávaní to môže byť obzvlášť užitočné pri analýze veľkých dátových súborov, kde môžu študenti skúmať vzory, vizualizovať dátové toky alebo analyzovať sieťové štruktúry.
- *Virtuálne laboratória a cvičenia*

VR umožňuje vytvárať úplné virtuálne laboratória, kde môžu študenti trénovať svoje zručnosti bez potreby fyzického hardvéru. Študenti môžu napríklad simulovať konfiguráciu serverov, programovanie sieťových prvkov alebo správu databáz v plne virtuálnom prostredí.

AR umožňuje študentom používať reálne zariadenia, pričom digitálne prvky poskytujú dodatočné informácie a pokyny na obrazovke, čo im pomáha pri praktickom učení.

4.2 Rozšírená realita vo vyučovaní matematiky

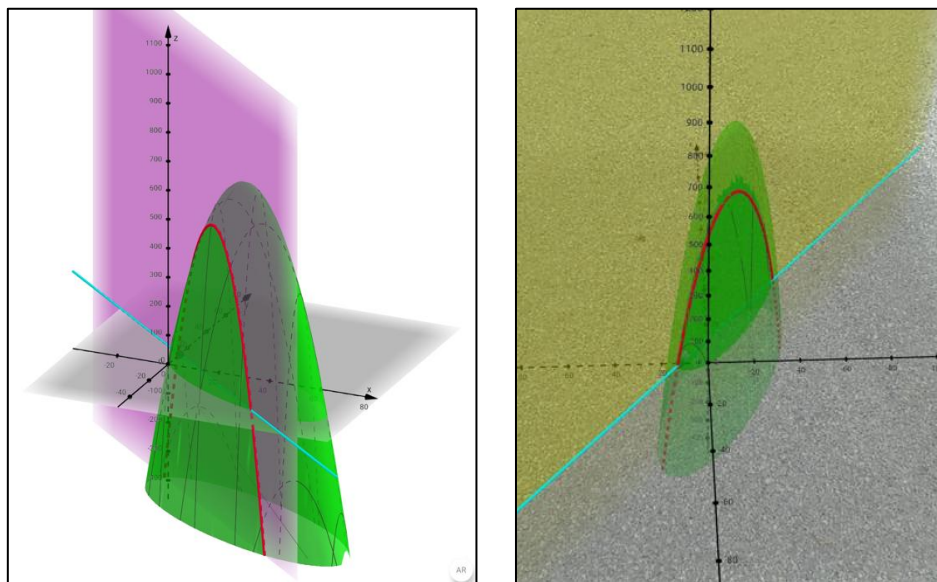
Rozšírená realita (AR) vo vyučovaní matematiky prináša inovatívne možnosti, ako urobiť abstraktné koncepty a zložité témy viac zrozumiteľné a vizuálne prístupné pre študentov. AR umožňuje preklenúť priepasť medzi teóriou a praxou tým, že študentom poskytuje interaktívne a dynamické učebné prostredie.

Jednou z kľúčových výhod použitia AR vo vyučovaní matematiky je interaktivita. Študenti majú možnosť interagovať s matematickými modelmi a konceptami na vizuálnej úrovni. Abstraktné a niekedy ťažko pochopiteľné matematické pojmy môžu byť vizualizované a manipulované v reálnom prostredí, čo výrazne uľahčuje ich pochopenie.

Okrem toho AR pridáva prvok zábavy a interaktivity do vyučovacieho procesu, čo môže zvýšiť angažovanosť študentov. Geometrické tvary, vektory, matice a iné matematické pojmy môžu byť prezentované a skúmané v trojrozmernej realite, čo vytvára dynamické a atraktívne vzdelávacie prostredie.

Ďalším prínosom AR je zjednodušenie učenia sa funkcií a grafov. Študenti môžu pomocou tejto technológie sledovať, ako sa zmeny v rovniciach prejavujú v grafe, čo im poskytuje okamžitú spätnú väzbu. Okrem toho môže AR prinášať matematiku do reálneho sveta tým, že študentom umožňuje merať vzdialenosti, plochy a objemy priamo v prostredí, v ktorom sa nachádzajú, čo pomáha aplikovať matematické poznatky v praktických situáciách.

Obr. 4: 3D graf funkcie $P(x,y)$ s väzbou v GeoGebra AR (bez AR a s AR)

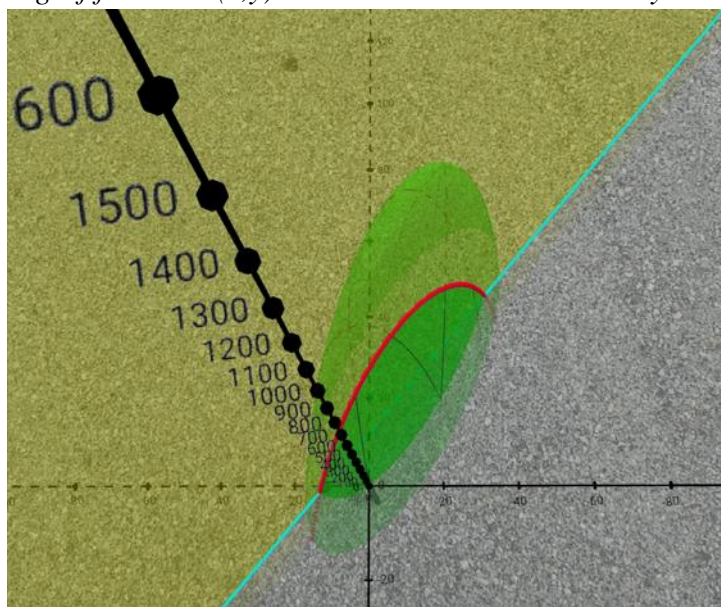


Zdroj: Vlastné spracovanie.

Jednou z konkrétnych efektívnych možností, ako využiť AR priamo vo vyučovaní matematiky na vysokej škole je aplikácia Geogebra AR (Schmid et al., 2023), ktorá ponúka spájanie dynamických matematických modelov s ľubovoľným reálnym prostredím (Obr. 4), napríklad aj priamo v posluchárni.

Poznámka: Z porovnania obrázkov (snímok obrazovky mobilného zariadenia s aplikáciou GeoGebra AR - Obr. 4) je názornosť a využiteľnosť (pravej) snímky s AR na prvý pohľad máta. Menej osvetlené snímané pozadie nemá pozitívny vplyv na názornosť grafu, avšak veľkou výhodou je kotvenie zobrazeného objektu so stredom súradnicovej sústavy do roviny reálneho prostredia a možnosť interaktívne sledovať objekt (v našom prípade graf $P(x,y)$) v rôznych reálnych uhloch pohľadu pri prechádzaní sa okolo neho v rovine kotvenia (Obr. 5).

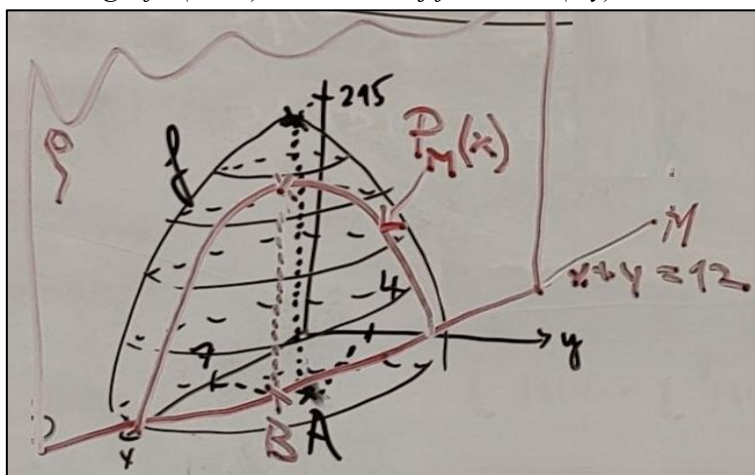
Obr. 5: 3D graf funkcie $P(x,y)$ s väzbou v GeoGebra AR s dynamikou v AR.



Zdroj: Vlastné spracovanie.

Výsledky pedagogického výskumu potvrdzujú, že využitie AR aplikácií výrazne prispieva k rozvoju priestorového videnia aj u študentov, pre ktorých manuálne 2D náčrt 3D objektov (Obr. 6) je vizuálne málo prínosný resp. neprínosný. (Küçük et al., 2016)

Obr. 6: 3D náčrt grafu (v 2D) ekonomickej funkcie $P(x,y)$ a viazaného extrému



Zdroj: Vlastné spracovanie.

Aplikácie AR v matematike sú rozmanité. V oblasti geometrie môžu študenti skúmať rôzne geometrické tvary a ich vlastnosti v trojrozsmernej realite, čo zlepšuje ich geometrické intuície. V kalkule je AR užitočná pri vizualizácii funkcií, limit a derivácií, čo umožňuje

študentom lepšie pochopiť zložité matematické koncepty. Dokonca aj *štatistika a pravdepodobnosť* môžu byť prezentované prostredníctvom AR, čím sa umožňuje študentom vizualizovať *distribučné krivky, histogramy* a ďalšie štatistické modely.

AR tiež umožňuje personalizované vzdelávanie, pretože aplikácie môžu sledovať pokrok študentov a prispôbovať úlohy podľa ich úrovne vedomostí. Táto technológia tak ponúka dynamické a interaktívne prostredie, ktoré zjednodušuje učenie sa matematiky, uľahčuje pochopenie zložitých pojmov a podporuje kreativitu pri riešení problémov.

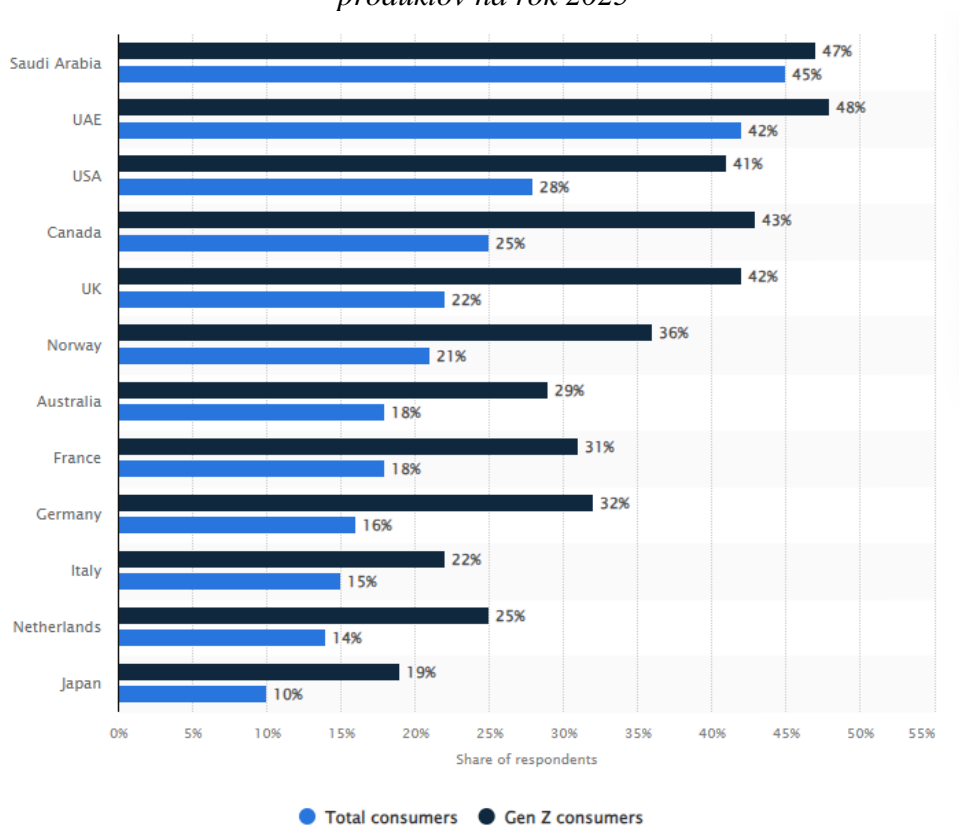
Podľa Wu (2013) AR môže pomôcť v prekonávaní abstraktných matematických konceptov tým, že ich vizualizuje a robí viac intuitívnymi pre študentov.

Môžeme konštatovať, že rozšírená realita prináša do vyučovania matematiky nové perspektívy a metódy. Jej schopnosť transformovať abstraktné matematické koncepty do interaktívnych a zrozumiteľných modelov je veľkým prínosom pre efektívnosť a kvalitu matematického vzdelávania.

5 Budúcnosť rozšírenej reality

Globálny trh s rozšírenou realitou (AR) a virtuálnou realitou (VR) zaznamenáva značný rast, najmä v oblasti školení a vďaka rozširovaniu trhu so zariadeniami pre informačno-zábavný priemysel. Okrem toho sa rozšírená realita využíva v rôznych aplikáciách, ako sú prezentácie, televízia, simulácie (napríklad letecké a automobilové simulácie) či videohry s fyzickou interakciou s 3D modelmi. Tieto faktory by podľa predpokladov mali podporiť rast trhu s rozšírenou a virtuálnou realitou v nadchádzajúcom období.

Obr. 7: Predpokladaný podiel zákazníkov jednotlivých krajín používajúcich AR pri nákupe produktov na rok 2025



Zdroj: <https://www.statista.com/statistics/1270070/ar-use-forecast-in-buying-online/>

Využívanie virtuálnej reality v sektore zdravotnej starostlivosti zažíva obrovský rast, čo taktiež výrazne prispieva k celkovému rastu trhu s AR a VR počas prognózovaného obdobia.

Rastúci dopyt po AR zariadeniach v zdravotníctve a rastúci dopyt po AR v sektore maloobchodu a elektronického obchodu sú kľúčovými faktormi, ktoré pravdepodobne podporia ďalší rast tohto trhu

Lahký prístup k cenovo dostupným zariadeniam virtuálnej reality v rôznych odvetviach, narastajúca digitalizácia, pokroky v technológiách a vysoké investície do trhu s virtuálnou realitou budú hlavnými hnacími silami rastu trhu s AR a VR v nasledujúcich rokoch. Okrem toho sa očakáva, že významný rast v odvetví mobilných hier, zvyšujúca sa miera internetového pripojenia a zvyšujúce sa využívanie spotrebnej elektroniky budú ďalšími kľúčovými faktormi, ktoré prispievajú k rozvoju tohto trhu.

Poznámka: Ako z grafu (Obr. 7) vidieť, u mladej generácie je podiel využívania AR a VR pri nákupoch oveľa vyšší, v niektorých krajinách – Nemecko – dokonca dvojnásobný. Veľkosť trhu s rozšírenou realitou sa odhaduje na 42,48 miliardy USD v roku 2024 a očakáva sa, že do roku 2029 dosiahne 248,38 miliardy USD.

6 Záver

Využitie AR v STEM vzdelávaní otvára nové možnosti pre učenie a výuku. Tento prístup nielen zvyšuje zapojenie a záujem študentov, ale aj značne rozširuje hranice tradičného vzdelávania, čím otvára dvere k inovatívnym a efektívnym spôsobom učenia. S rastom technológií AR a neustálym vývojom platforiem podporujúcich AR sa očakáva, že vznikne ešte viac inovatívnych spôsobov využitia AR (nielen) v STEM vzdelávaní. Sinha (2024) poukazuje na to, že AR má potenciál nielen zlepšiť výučbové procesy, ale aj radikálne zmeniť spôsob, akým študenti vnímajú a interagujú s vedomosťami.

Podľa Ezawu (2016) sa VR/AR v priebehu nasledujúcich 10 rokov postupne vyvinie na bežnú technológiu v každodennom živote, vrátane vzdelávania. K jej demokratizácii prispievajú tri faktory: zlepšenie mobilných zariadení, zvýšené investície do virtuálnych technológií a prístup k používateľskému obsahu na sociálnych sieťach. Tým sa VR/AR stane prístupnejšou a cenovo dostupnejšou, podobne ako mobilné technológie, čo uľahčí ich integráciu do vzdelávacích procesov.

Úspešné využitie VR/AR vo vzdelávaní závisí od spôsobu, akým sú tieto technológie implementované. Vďaka konštruktivistickému prístupu k učeniu, ktorý tieto technológie umožňujú, majú študenti príležitosť priamo experimentovať, interagovať s virtuálnymi objektmi a spolupracovať s ostatnými, čo zlepšuje ich schopnosť aplikovať teoretické poznatky v praxi.

AR a VR v STEM vzdelávaní poskytujú študentom neoceniteľné príležitosti pre aktívne učenie a zážitkové poznávanie, otvárajú nové cesty k porozumeniu zložitých vedeckých princípov a podnecujú k inováciám v pedagogických metodikách. Táto integrácia nových technológií do vzdelávania zásadne mení, ako sú budúce generácie študentov pripravené na výzvy a príležitosti 21. storočia.

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA 026UK-4/2022 *Koncepcia konštrukcionizmu a rozšírenej reality v STEM vzdelávaní (CEPENSAR).*

Literatúra

1. Alelaimat, A. M., & Ahmad, M. K. (2019). The Effect of Google Expeditions on Students' Learning Outcomes in Geography Lessons. *Journal of Educational Technology & Society*, 22(3), 59-70.
2. Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.

3. Bower, M., Lee, M. J. W., & Dalgarno, B. (2017). Collaborative learning across physical and virtual worlds: Factors supporting and constraining learners in a blended reality environment. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 407-430.
4. Chhatbar, K. (2021, March 5). *Comparing Arcore vs arkit vs vuforia: The best augmented reality toolkit*. BlueWhaleApps. <https://bluewhaleapps.com/blog/comparing-arkit-vs-arcore-vs-vuforia-the-best-augmented-reality-toolkit>
5. Credera. (2020, September 14). *The future of mobile AR: A comparison between ARCore, ARKit, AR Foundation, and Vuforia*. Credera. <https://www.credera.com/en-us/insights/the-future-of-mobile-ar-a-comparison-between-arcore-arkit-ar-foundation-and-vuforia>
6. Creighton, R. H. (2010). *Unity 3D Game Development by Example: Beginner's Guide*. Packt Publishing.
7. echo3D. (2021, February 12). *Top 10 AR developer tools every developer should know*. DEV Community. <https://dev.to/echo3d/top-10-ar-developer-tools-every-developer-should-know-3b2d>
8. Ezawa, K. (2016). *Virtual & Augmented Reality*. In *Investment Themes in 2016*. Citi Global Perspectives & Solutions. Citigroup Inc. Retrieved June 15, 2016, from <https://www.citivelocity.com/citigps/ReportSeries.action?recordId=45>
9. Forecast use of AR in online shopping worldwide 2025 | statista. (n.d.-a). <https://www.statista.com/statistics/1270070/ar-use-forecast-in-buying-online/>
10. Koreňová, L. (2019). Research of the use of augmented reality to develop the ability to estimate in STEM education. In *EDULEARN19 Proceedings* (pp. 5719–5724). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.1390>
11. Koreňová, L., Gurný, P., Hvorecký, J., Lůžek, P., & Rozehnal, P. (2022). Virtual reality retooling humanities courses: Finance and marketing experience at a Czech university. *Applied Sciences*, 12(19), 10170. <https://doi.org/10.3390/app121910170>
12. Küçük, S., Kapakin, S., & Gökteş, Y. (2016). Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load. *Anatomical Sciences Education*, 9(5), 411-421. <https://doi.org/10.1002/ase.1603>
13. Makarov, A. (2024, February 15). *Augmented reality in iOS apps: ARKit development guide 2024*. MobiDev. <https://mobidev.biz/blog/arkit-guide-augmented-reality-app-development-ios>
14. PTC VUFORIA – Augmented Reality (AR) |. (n.d.-b). <https://www.mtvmag.com/ptc-vuforia-augmented-reality-ar-design-tech-system/>
15. Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
16. Sergeev, A. (2020, July 2). *Workshop on Unity's XR interaction toolkit*. 80 Level. <https://80.lv/articles/workshop-on-unity-s-xr-interaction-toolkit>
17. Schmid, A., Koreňová, L., Cahyono, A. N., Hvorecký, J., & Lavicza, Z. (2023). Geogebra as a constructivism teaching tool for visualization geometry using VR and AR. In E. Smyrnova-Trybulska (Ed.), *E-learning & Artificial Intelligence Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska "E-learning"* (Vol. 15, pp. 253–264). Katowice–Cieszyn. <https://doi.org/10.34916/el.2023.15.20>
18. Schröter, P., Mertens, R., & Meinel, C. (2017). Gamified Lab Activities in STEM Education Using Unity3D. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces* (pp. 589-594). Association for Computing Machinery.
19. Sinha, S. (2024, July 18). *Augmented Reality In Education: Staggering Insight into the Future*. eLearning Industry. Retrieved from <https://elearningindustry.com/augmented-reality-in-education-staggering-insight-into-future>

20. Uderbayeva, N. K., & Schmidt, P. (2022). The Use of Modern Digital Technologies in Education. In *TIEES 2022: Trends and Innovations in E-Business, Education and Security* [elektronický zdroj]: Tenth International Scientific Web-conference of Scientists and PhD. Students or Candidates: Reviewed Proceedings, November 18, 2022.
21. Vantage Market Research. (n.d.). *Augmented reality and virtual reality market size USD 248.16 billion by 2030*. Vantage Market Research. <https://www.vantagemarketresearch.com/industry-report/augmented-reality-and-virtual-reality-market-1448>
22. Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities, and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>