

VYUŽITÍ ROZŠÍŘENÉ REALITY PRO PŘÍPRAVU A VZDĚLÁVÁNÍ OBYVATELSTVA

USE OF AUGMENTED REALITY FOR THE PREPARATION AND EDUCATION OF THE POPULATION

Kateřina TOMANOVÁ, Marek SMETANA, Štěpán KAVAN, Zdeněk RATHAUSKÝ,
Soňa MUDROCHOVÁ

Katerina.tomanova@vsb.cz, marek.smetana@vsb.cz, stepan.kavan@email.cz,
zdenek@rathausky.cz, mudrochova@ochranaobyvatel.cz

Abstract

Current technology development is an area with great development potential and it is important to monitor this development. Results and opportunities in this area can be positively used also in the area of education. Education in the area of safety and protection of the population is emphasized both for professional rescuers and for the population. The possibilities of new technologies bring the possibility of modeling and representation of processes that would be practically impossible to implement experimentally in the process of education. Combining education and innovative technologies has created a project that deals with augmented reality and helps educate and motivate the public in the field of self-protection. The article aims to point out innovative elements of augmented reality for education of professional rescuers, general public or students especially in the field of safety. Methodological approach is taken from general characteristics to specific case studies using literature search, analysis and synthesis.

Key words

Augmented reality, safety, education, extraordinary events, technology.

Úvod

Cílem článku je zpracovat charakteristiku existujících příkladů dobré praxe, kde je využívána rozšířená realita. Jedná se o velmi moderní přístup ve vzdělávání, kterému předcházela celá řada technologických milníků. Rozšířená realita, tedy realita doplněná o elektronicky vkládané informace, se dá využít v celé škále oblastí, od medicíny, přes průmysl až po vzdělávání. A právě na vzdělávání je zaměřen tento článek. Na možnosti zefektivnění vzdělávání pomocí rozšířené reality. Konkrétně při přípravě na mimořádné události. Článek představuje několik nástrojů vzniklých z projektů, které se zabývaly inovativním přístupem ke vzdělávání. Využití rozšířené reality pro vzdělávání představuje velký pokrok kupředu. Zviditelnění a znázornění důležitých míst a informací přímo v prostoru umožňuje lépe pochopit jejich jinak složité představitelné vazby. Navíc se pro rozšířenou realitu otevřela cesta díky mobilním (chytrým) telefonům a tabletům, které jsou dnes již běžnou součástí života. Budoucnost lze spatřovat také ve specializovaných brýlích, které virtuální a reálný svět ještě více propojí.

Generace počítačů

Virtuální realita je bytostně spojena s počítači. Právě jejich rozvoj umožnil vytvářet „kyberprostor“, zprvu samostatně existující a postupem času stále více pronikající do reálného

světa. Obsahem této kapitoly je představení vývoje počítačů ve vazbě na prvotní modely a modelování, aby se následně mohly využít v procesu edukace. Odborníci dělí jednotlivé etapy vývoje na tzv. generace. Rozdíly mezi generacemi jsou značné, od obrovských počítačů využívajících relé, přes zvyšování rychlosti, zpracování dat, vývoje operačních systémů, kapacit či zmenšování jejich rozměrů až do podoby, jak je známe dnes. Pojem „počítač“ obecně představuje elektronické zařízení, které umožňuje zpracovávat data, je složen z hardwaru (pevná část počítače) a ze softwaru (programové vybavení) [1]. Následující text popisuje jejich vývoj.

Pro **nultou generaci** jsou charakteristické stavební prvky, kterými je počítač tvořen. Jedná se především o relé. První počítač vznikl v Německu v roce 1938 a byl pojmenovaný Zeus [2]. Vývoj počítačů v nulté generaci je spojován převážně s II. světovou válkou, kdy vlády podporovaly jejich vývoj například k prolomení německých šifer. Jedním z nejznámějších počítačů vytvořených v té době byl MARK I., který byl financován firmou IBM. Pozadu nebylo ani tehdejší ČSSR, které po několikaletém snažení vyrobilo vlastní počítač SAPO (Samočinný Počítač). **První generace** přinesla výrazný pokrok s vynálezem elektronky, což nahradilo časově náročné relé. Charakteristickým znakem pro tuto generaci je zpracování dat, kdy se do paměti načítá jeden program. S tímto programem se nadále pracuje, ale po jeho spuštění už nelze s počítačem dále komunikovat. Po ukončení programu se nahrál další program a jeho data. Tento způsob byl také zdlouhavý, ale v té době neexistovaly univerzální programovací jazyky ani operační systémy. Jedním z nejznámějších počítačů té doby je ENIAC, který obsahoval skoro 18 tisíc elektronek, 10 tisíc kondenzátorů a další součástky [2]. Nevýhodou byla i jeho velikost, která zabírala například plochu tělocvičny.

Druhá generace přinesla celkové zrychlení výpočtů. Programy se nahrály do počítače do jedné fronty (dávkový režim) a počítač dále pracoval sám. Díky tomu se nahradila lidská pomalost, kdy člověk musel po ukončení programu nahrát manuálně opět další program. Programy byly do počítačů nahrávány pomocí děrných štítků a pásků, nebo pomocí magnetických pásek. Výhodou této generace byl nástup tranzistoru, který dovozoval zmenšení rozměrů, zvýšil spolehlivost ale také i rychlost. Nástupce druhé generace je **třetí generace**, která přináší do počítačů integrované obvody a paralelní zpracování více programů (multitasking). Velkým průlomem je počítač IBM 360, který byl jakousi stavebnicovou konstrukcí a jehož se prodaly tisíce kusů.

Čtvrtá generace je generace, která trvá dodnes, avšak prošla si také velkými změnami. Charakteristické pro tuto generaci počítačů jsou mikroprocesory a osobní počítače (PC z „personal computer“). Výhodami jsou zvýšení spolehlivosti, rychlosti a kapacity a naopak zmenšení rozměrů a hmotnosti. IBM PC byl prvním osobním počítačem, který se postupně rozšířil a umožňoval vytváření grafických uživatelských rozhraní. Rozšíření osobních počítačů proběhlo po celém světě. Později vznikly jejich tzv. mobilní verze – notebooky. V tomto duchu se až dodnes vyvíjí počítače s rychlým procesorem, s nízkou hmotností a rozměrem. Velkým pokrokem nastaly změny také u vývoje software. Jedná se o společnosti Microsoft, Linux a Mac OS, které umožňují uživateli velké množství možností využívání počítačů. Paralelně s vývojem čtvrté generace začal vznikat také internet [2]. Z pohledu vytváření virtuální reality je podstatný vývoj osobních komunikačních prostředků. Postupem času se pevné telefonní přístroje osamostatnily od svých přívodů a staly se z nich mobilní telefony. Výrobci však brzy přišli na to, že je možné tyto telefonní přístroje integrovat s počítačem, což výrazně rozšířilo jejich využitelnost a potřebnost. Z pohledu prodejců samozřejmě také prodeje. Dnes si lze velmi těžko představit běžný život bez mobilního telefonu. Jakýmsi přechodem mezi malým mobilním telefonem a notebookem se staly tablety. Ty využívají větší zobrazovací plochu, nicméně principiálně se jedná spíše o telefony. Pátá generace je prozatím budoucností, ve které se počítá s rozšířením umělé inteligence.

Využití počítačů pro vzdělávání

Zapojování počítačů a vůbec počítačové techniky do výukového procesu probíhá velmi zvolna. Důvodem jsou především náklady potřebné k pořízení odpovídající techniky. Někde kolem roku 2000 byly počítačové učebny ve školách horkou novinkou, ne každá škola je měla a ti, co je vybudovali, teprve hledali jejich potenciál pro výuku. Později přibýly dataprojektory, elektronické tabule (SmartBoardy) a dnes je poměrně běžné využívání tabletů. Počítačové učebny bereme jako běžnou součást škol, stejně jako laboratoře, šatny nebo tělocvičny. Zvyšující se množství a tím dostupnost počítačové techniky otevírá celou řadu možností, jak ji využívat. Přes podporu ve formě videa, obrázků a informačních databází, e-learningu, zpracování domácích úkolů a testů v elektronické podobě, až po možnost konzultací pomocí komunikátorů, jakými jsou Messenger, SKYPE nebo VIBER.

Počítače tak mohou představovat pomyslný most mezi studentem a učitelem pro předávání informací. E-learning představuje vyšší možnost tím, že podporuje multimediální interaktivní vzdělávání nové generace, či lze počítač využít k objasnění reálných procesů pomocí modelů a simulací a je tak využitelný pro samostudium. Právě počítačové modely, resp. vytváření celých virtuálních světů (kyber-reality) stálo u zrodu snahy o propojení obou světů a dalo vzniknout rozšířené realitě. Možnost kvalitního znázornění a modelace v procesu výuky však vyžaduje kreativní přístup pedagoga a přiměřené uživatelské nebo pokročilejší znalosti k využití ve výchovném procesu.

Modelování

Při sledování okolních procesů a jevů, a ve výukovém procesu zvláště, je velmi často obtížné představit si vnitřní vazby a někdy i samotnou vnitřní architekturu. Historicky se v těchto případech využívají zjednodušující schémata a diagramy. Ty však opět postihnou jen malý kousek celého systému a nejsou schopny komplexního pohledu. Díky modelování, které lze chápat jako tvůrčí lidskou činnost, jsme schopni idealizovat a zjednodušovat děje reálného světa tak, že virtuální verze daného systému je stále velmi blízko realitě. Lze tedy říci, že modelování představuje zobrazení skutečnosti nebo nějakého prvku [3]. V oblasti herního průmyslu se ve většině případů modelují pouze ty prvky, se kterými dochází k interakci. Zbylý svět (pozadí, nehybné objekty) je nejčastěji dodáván pouze ve formě 2D obrázku. Pro vytvoření iluze herního prostoru to však většinou stačí. Důvodem pro toto zjednodušování je především výkon domácích počítačů.

Pro vyobrazení složitých dějů, jakými jsou meteorologické mapy, mapy povodní, popř. simulace havárií, je potřeba daleko větší výpočetní výkon a zde se uplatňují „superpočítače“ s mnoha výpočetními jádry, které se v podstatě velikostí vrací ke svým kořenům – sálovým počítačům. Výpočetní výkony jsou však samozřejmě někde úplně jinde. Vizualizace je technicky možná v podobě plochy (2D), prostoru (3D) a děje v prostoru. Pokud se jedná o modelování v prostoru, je výsledek člověku mnohem blíž díky většímu prožitku a vnímání. Nejvyšším takto možným modelováním a prožitkem je virtuální realita (virtuální svět), kde se jedná o komplexní simulované prostředí s vnitřními zákonitostmi a charakteristikami. Ideálně doplněné o interakci s ním [4]. Jedná se o nové uživatelské rozhraní, jehož cílem je co nejvíce přiblížit počítačové prostředí skutečnosti tak, jak je vnímáno našimi smysly. Součástí virtuální reality je zapojení zraku, sluchu, hmatu a díky virtuálně interaktivnímu systému dovoluje prostředí nejen zkoumat, pohybovat se, prohlížet si ho, slyšet odpovídající zvuky, ale také ho i modifikovat. K tomu, abychom se do virtuální reality mohli ponořit, je za potřebí použití virtuálních brýlí a dalších komponent, které nám toto prožití umožní [5]. Nižším stupněm virtuální reality je tzv. rozšířená realita, která je hlavním obsahem článku.

Rozšířená realita

Rozšířenou realitu (z anglického Augmented reality) je možné si představit jako mezistupeň mezi reálným světem a virtuální realitou. Její filozofie není nová, ale díky vývoji techniky, jako jsou mobilní zobrazovače – mobily, tablety, se rozšířila i rozšířená realita (dále jen „AR“). Rozšířená realita umožňuje pozorovat reálný svět s uměle zakomponovanými prvky a lze jí využít například jako technickou asistenci při opravách automobilů, při zjednodušení obsluhy v továrnách nebo jako nástroj pro vzdělávání [6].

Historie rozšířené reality sahá až do roku 1968, kdy Ivan Sutherland vynalezl „head mounted display“. Tento displej si lze představit jako zařízení, které se nosí na hlavě nebo je součástí přilby. Samotný displej je pak umístěn buď před jedním, nebo oběma očima. A právě pan Sutherland jako první mohl pomocí těchto brýlí pozorovat model krychle v reálném prostředí. Díky sledování relativní pozice mezi brýlemi a značkami rozmístěnými v prostoru bylo umožněno zafixovat krychli na místě a tím vznikla augmentovaná realita [6].

Principem fungování AR je přidání digitálního obsahu na živý kamerový obraz tak, aby přidaný obsah vypadal jako součást reálného světa. Pro fungování AR je důležité pochopit, co se má snímat a kde se to má snímat, což následně umožní získat pozici a orientaci objektu. K tomu, aby bylo možné přichycení prvků, se využívá lokalizačních značek, kde se díky programu *Computer Vision* následně rozpoznají obrazy pomocí algoritmu. Tyto techniky umožňují získat pozici a orientaci objektu nebo prvku.

Zařízení podporující AR

Dnešní doba nabízí možnosti pro využití AR od nejrozšířenějších mobilů, tabletů, až po 3D brýle. Asi nejjednodušší cesta je pomocí chytrých telefonů, ve kterých jsou zakomponovány operační systémy typu Android, Apple iOS, nebo Windows. Pro zachycení pohybu telefonu v prostoru je nezbytné vybavení plnohodnotným gyroskopem, který však stále není jejich běžnou součástí. Další potřebné komponenty: GPS, čočky objektivů, elektronický kompas, internet, které AR požaduje při svém užití, už v drtivé většině ve vybavení chytrých telefonů jsou. [8]

Mobilní telefony se řadí mezi nejrozšířenější zařízení, které AR podporuje. Některé velké firmy dokonce využívají vlastní technologie pro využívání AR a používají je k prezentování nových zařízení. Důvod je zřejmý, efekt AR je velice zajímavý a budí pozornost. Podobným způsobem lze využívat tablety, jejichž výhodou je velikost zobrazovací plochy, která je vykoupena vahou a rozměry zařízení. Tablety se jeví jako vhodnější volba pro firmy díky své velikosti, zato mobilní telefony, které jsou ve většině případů mnohem menší, jsou vhodnější pro běžné uživatele.

Další možností, jak využívat AR, jsou speciální brýle. Brýle obsahují kameru a lze ovládat pomocí dalších prvků, jako jsou tlačítka, ale také gesta. Umožňují volný pohyb uživatele v prostoru. Díky těmto výhodám brýle zvyšují dojem reálnosti. Ovšem nevýhodou je nemožnost sdílení obrazu s jinou osobou [5]. Na trhu se setkáme s celou řadou technických řešení. Ty nejlevnější obsahují pouze potřebnou optiku a pro funkci je nezbytné dovnitř vložit telefon vybavený dnes již volně dostupným software. Optika pak vytvoří iluzi prostoru.

Po dobu zdokonalování a využívání AR vzniklo mnoho aplikací i her. Ale v tomto kontextu se můžeme také bavit o výhodách, při kterých lze reálně pomoci v praxi, jako je například oblast medicíny, výroby a opravy techniky, vizualizace, plánování robotických cest, či vojenské letectví [7]. Oblast, kterou nelze opomenout a díky AR ji lze více zatraktivnit, je oblast vzdělávání, konkrétně vzdělávání v bezpečnosti a nejpřesněji v oblasti ochrany obyvatelstva.

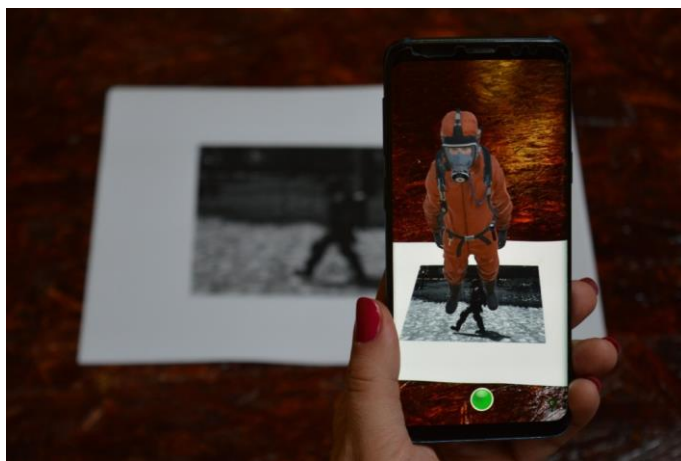
Využití AR pro vzdělávání v oblasti ochrany obyvatelstva

Oblast bezpečnosti je specifická tím, že popisuje mechanismy a efekty, které nelze v reálném světě předvést. Nikdo nevytvoří úmyslně povodeň, rozsáhlý požár nebo nákazu jen proto, aby mohl studentům demonstrovat obsahy plánů, systém krizového řízení nebo zvládání katastrof. Oblast bezpečnosti je proto pro využití virtuální reality přímo ideální oblastí. V předchozím textu bylo konstatováno, že rozšířená realita patří do této oblasti. Samotné vzdělávání pomocí AR pomáhá k oživení výuky a zapamatování si obsahu díky více vjemům. Výuka se může ubírat dvěma směry, za prvé čistě vzdělávací cestou, anebo za druhé cestou praktickou. V případě čistě vzdělávací cesty se jedná především o využití tištěných učebních textů, učebních podpor či informačních letáků, které jsou obohaceny o prvky AR. V případě praktického přístupu se AR využije pro modelaci a znázornění terénu. Smyslem této cesty je především zobrazování virtuálních prvků, které by představovaly například evakuační cesty, evakuační shromaždiště, bezpečnostní značky apod. Je také možné demonstrovat, jaké budou předpokládané následky (např. výška hladiny vody při povodni, šíření plamene při požáru, havárie na chemickém či jaderném zařízení nebo proces evakuace).

Využití AR pro teoretickou a praktickou výuku

Teoretická výuka představuje využití tištěných materiálů, jako jsou například učebnice či jiné studijní opory. Díky AR lze tyto texty obohatit například o obrázky, videa či 3D animace, což lze kupříkladu využít jako nástroj sloužící k názornému zobrazení a lepšímu zapamatování si probírané problematiky. Příklad lze vidět na obrázku 1. Ten představuje tištěnou formu obrázku například ve studijním textu. Díky použití mobilního zařízení a aplikace, která umožňuje načítání AR, lze vidět prvek AR v prostoru – lze s ním otáčet, přibližovat apod.

Touto formou je možné přiblížit studentům většinu probírané problematiky, protože díky vizualizaci je pro mozek jednodušší si hodně věcí zapamatovat a hlavně i dál představu rozvíjet.

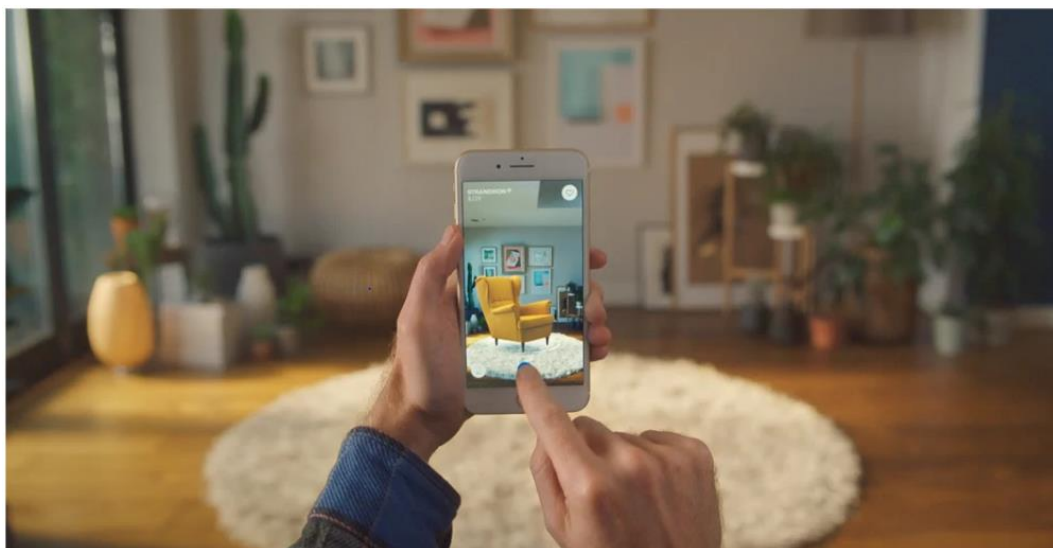


[vlastní zpracování]

Obr. 1
Teoretická ukázka

Praktická výuka by v tomto případě mohla představovat například využití AR pro školní prostor či okolí školy. Využití této formy výuky by spočívalo ve vizualizaci AR v prostorách, kde by umožnilo zlepšení představivosti například během volného rozvoje požáru a procesu evakuace, tedy zobrazení hoření při požáru a vývoje dýmu, možnosti odvětrávání, hašení ručními přenosnými hasicími přístroji či vnitřními nástěnnými hydranty, přehled bezpečnostních značek, evakuačních cest, požárně bezpečnostních zařízení apod. V okolí školy by se dalo využít zobrazení míst pro shromažďování osob, míst pro příjezd složek IZS či pokyny pro poskytování první pomoci.

Ovšem praktickou výuku je možné praktikovat i na jiných místech, než je jen škola. Může se jednat například i o využití veřejných míst (obchodní centra, památky,...), které by poskytovaly základní informace o těchto místech, či by se daly zobrazovat různé bezpečnostní prvky. Možným příkladem, jak využít AR v terénu nebo prostoru, by mohla být aplikace IKEA place. Aplikace umožňuje naskenovat prostor (místnost) a následně v něm pomocí AR zobrazí virtuální nábytek, viz obrázek 2 [9]. Ikea place je jedním z možných příkladů, jak by se virtuální prvky spojené se školou mohly zakomponovat do vzdělávání a tím ho i zefektivnit.



*Obr. 2
Praktická ukázka [9]*

Příklady dobré praxe

V následující části textu jsou prezentovány některé výstupy z projektů, které existují ve vazbě na ochranu obyvatelstva a mohou nadále sloužit jako příklad pro další řešení či rozvinutí problematiky.

Projekt Multimediální skripta pro odbornou přípravu obsluhvatelů motorových pil v JPO

V současné době existují některé projekty, v nichž jsou zakomponovány technologie AR a lze je efektivně využít. Mezi první projekt, který vznikl ve spolupráci HZS ČR a Centra pro bezpečný stát, a. s., jsou Multimediální skripta pro odbornou přípravu obsluhvatelů motorových pil v jednotce PO. Skripta jsou vypracována dle osnov vydaných pokynem

generálního ředitele HZS ČR ze dne 25. 2. 2014 č. 11/2014 [10], kterými jsou stanovena pravidla a zásady práce s přenosnou motorovou řetězovou a rozbrušovací pilou a pravidla odborné přípravy obsluhovatелů a instruktorů motorových pil. Skripta obsahují technologii AR, kterou je možné pomocí chytrého mobilního zařízení vizualizovat 3D objekty, zvuky, animace a videa, která jsou vytvořena speciálně pro toto téma. Díky multimediálním skriptům je nyní možné zefektivnit odbornou přípravu jednotek PO.

Pomocí tohoto projektu je vidět, že využití AR se dá aplikovat i na jednotky PO. S vývojem technologie AR se princip využití více vyvinul oproti výše zmíněnému projektu, kde se jednalo spíše o pozorovací modely či vizualizovaná témata.

Projekt AR Safebook

Zaměření aktuálně běžícího projektu směřuje právě na oblast vzdělávání obyvatelstva. Projekt nese název AR Safebook – Rozšířená virtuální realita v oblasti bezpečnosti. Účelem projektu je příprava a zvýšení sebeochrany obyvatelstva v ohroženém území, tedy území ohroženém chemickou či jadernou havárií. Hlavním výsledkem projektu je funkční vzorek „AR Safebook“, který souhrnně reflektuje interaktivní formou jasně specifikované téma průmyslových a radiačních havárií, kde je toto téma podrobně rozpracováno. Výstupy projektu mají dvě hlavní oblasti zaměření. První využití rozšířené virtuální reality pro vzdělávání odborné veřejnosti a studentů, druhá část pak na vzdělávání laické veřejnosti.

Ve druhé části projektu je zpracována technologická analýza pro vývoj funkčního vzorku. Ten je integrován ze tří komponent – odborná publikace pro odbornou veřejnost a studenty, publikace pro laickou veřejnost, AR aplikace pro mobilní zařízení a podpůrný webový portál. Tato část popisuje podrobně technologii virtuální a rozšířené reality, její použití a hardwarové nároky.

Aplikace s rozšířenou realitou bude v přímé interakci s tematickým tištěným textem publikace a bude vizualizovat vybrané události nebo prostředky v oblasti preventivních opatření. Využitím moderních technologií rozšířené reality bude možné zobrazit jednotlivá témata předmětné oblasti ve 3D vizualizaci, což umožní dokonalejší znázornění problému spolu s novým prožitkem uživatele.

Závěr

Využití výpočetní techniky do výuky jednoznačně patří. Pomocí osobních počítačů vytvářená virtuální realita může nabídnout to, co v reálném světě není možné, ať již z důvodu velikosti objektů, jejich komplexnosti, vzdálenosti jejich uložení nebo například z důvodu nebezpečnosti. Právě bezpečnost je oblastí, kde je využití simulací velmi přínosné. Lidstvo se učí až na základě vlastních chyb. Virtuální prostor však nabízí možnost „zažít“ následky havárií nebo přírodních katastrof s předstihem a tím se připravovat na odpovídající reakci v předstihu. Příspěvek se zaměřil na možnosti využití nejen plnohodnotné virtuální reality, ale také reality rozšířené. Ta spojuje reálný svět s virtuálním a nabízí široké možnosti využití. Jmenované příklady projektu multimediálních skript pro odbornou přípravu obsluhovatелů motorových pil v JPO a projektu AR SafeBook – rozšířená virtuální realita v oblasti bezpečnosti, jsou mezi prvními pokusy o jejich využití a mohou posloužit jako inspirace pro další zavádění této technologie do vzdělávání.

Článek vznikl v rámci projektu „AR Safebook – Rozšířená virtuální realita pro prevenci v oblasti bezpečnosti“, Bezpečnostní výzkum Ministerstva vnitra České republiky – projekt číslo VI20192021122; poskytovatel Ministerstvo vnitra České republiky.

Résumé

The use of computer technology is closely related to teaching. Using personal computers, the virtual reality created can offer what is not possible in the real world, either because of the size of the objects, their complexity, the distance to which they are stored or, for example, because of the danger. Safety is an area where the use of simulations is very beneficial. Humanity learns only through its own mistakes. However, the virtual space offers the possibility to “experience” the consequences of accidents or natural disasters in advance and thus prepare for the corresponding reaction in advance. The paper focused on the possibility of using not only full-fledged virtual reality, but also augmented reality. It combines the real world with the virtual world and offers a wide range of applications. These examples of the Multimedia Scripts Project for Training of Chainsaw Operators in Fire Protection Units and the AR SafeBook project - an expanded virtual reality in the field of safety- are among the first attempts to use them and can serve as an inspiration for further introduction of this technology into education.

Zdroje

- [1] Co je to? Superia [online]. 2020 [cit-2020-03-20]. Dostupné z: <https://cojeto.superia.cz/hardware/pocitac.php>
- [2] Historie počítačů [online]. Mendelova univerzita v Brně, 2009 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=20692
- [3] Modely a modelování [online]. VŠB – TU Ostrava, [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: https://homel.vsb.cz/~bri10/Teaching/Statistika%20II/skriptum/1_Modely_a_modelovani.pdf
- [4] Stručná historie CAD/CAM až po současnost [online]. 2002 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm
- [4] Historie vývoje počítačových her [online]. 2011 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/historie-vyvoje-pocitacovych-her-1-cast-prvni-milniky/>
- [5] Učení s počítačem. Virtuální realita [online]. 1995 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <http://it.pdf.cuni.cz/~bobr/ucspoc/virtreal.htm>
- [6] ŠPAČKOVÁ, Adéla. *Možnosti aplikačního softwaru pro rozšířenou realitu v kontextu poznávání reality*. Brno: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Ústav hudební vědy, 2012. Diplomová práce. Dostupné také z: https://is.muni.cz/th/ptse8/finalni_verze.pdf
- [6] A Brief History of Augmented Reality (+Future Trends and Impact) [online]. 2019 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://learn.g2.com/history-of-augmented-reality>
- [7] AZUMA, Ronald. *A Survey of Augmented Reality* [online]. 1997 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
- [8] ŘEHÁČEK, O. *Rozšířená realita* [online]. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2019 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: file:///C:/Users/Káča%20Tomanová/Downloads/REH0063_FEI_N2647_2612T025_2019.pdf#page=17&zoom=100,113,113
- [9] IKEA Place už funguje i u nás! Lepší využití AR jsme ještě neviděli. In: *Applikace* [online]. 2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.applikace.cz/novinka-2478-IKEA-Place-uz-funguje-i-u-nas-Lepsi-vyuziti-AR-jsme-jeste-nevideli>
- [10] MV GR HZS ČR. Pokyn generálního ředitele HZS ČR ze dne 25. 2. 2014 č. 11/2014.