

Imersivní virtuální realita ve vzdělávání: SWOT analýza¹

Michal Černý

Masarykova univerzita, Filosofická fakulta, Katedra informačních studií a knihovnictví

Redakci zasláno 31. 5. 2021 / upravená verze obdržena 24. 2. 2022 /
/ k uveřejnění přijato 24. 2. 2022

Abstrakt: Imersivní virtuální realita představuje významný trend v oblasti vzdělávacích technologií. Kvalitativně orientovaná přehledová studie se snaží popsat nejlivnější (dle počtu citačních ohlasů) studie zařazené v databázi SCOPUS, které se věnují imersivní virtuální realitě ve vzdělávání. Jde o významný trend, který může proměnit charakter vzdělávání jak z hlediska jeho formy, tak také obsahu nebo rozvíjených kompetencí. Přehledová studie analyzuje 15 textů z databáze SCOPUS. Zaměřuje se na SWOT analýzu vyplývající z těchto textů a reflektující edukační možnosti využití této technologie ve vzdělávání. Nepůjde nám tedy o komplexní pohled na celou problematiku, ale o identifikaci nejvýraznějších silných a slabých stránek, výzev a hrozeb v textech, které na tvorbu odborného (a sekundárně i edukačně-aplikačního) diskursu mají největší vliv. Studie ukazuje, že i přes reálně existující problémy a limity této technologie (v oblasti technického zpracování i poznatků v pedagogice a psychologii) jde o téma, kterému je třeba věnovat vysokou míru pozornosti, neboť umožňuje zásadní transformaci některých vzdělávacích postupů.

Klíčová slova: virtuální realita, přehledová studie, SWOT analýza, technologie ve vzdělávání

Vymezit pojem virtuální reality není snadné. Lze tvrdit, že jde o prostředí umožňující uživateli přesunout se do zcela nereálných světů (Freina & Ott, 2015; Koiliyas et al., 2020; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Virtuální realita je technologie sloužící k syntéze (tvorbě) nové sdílené reality (Brand, 1988, s. 138). Biocca a Delaney (1995, s. 57) hovoří o tom, že jde o spojení komunikačního rozhraní a senzomotorického kanálu, které vede k tvorbě nového zkušenostního rozhraní. Oxfordský slovník (*Virtual reality*, n., 2021) ji

1 Příspěvek byl napsán v rámci řešení projektu *Vzdělávání v kolaborativní imersivní virtuální realitě* (TL03000346), podpořeného Technologickou agenturou České republiky.

definuje jako počítačem generované realistické prostředí, ve kterém může osoba komunikovat zdánlivě reálným nebo fyzickým způsobem, zejména pomocí vhodného hardwarového vybavení, jako jsou obrazovky či rukavice se senzory. Obecně tedy budeme chápat virtuální realitu (Giglioli et al., 2017; Rogers, 2019; Vince, 2004) jako počítačem generované prostředí, k němuž uživatel přistupuje skrze rozhraní tak, že má pocit, že ho smyslově (především pak vizuálně) tento nový svět obklopuje (Marín-Morales et al., 2017) a může se v něm pohybovat nebo vykonávat další úkony. Jde tedy o vymezení, které je blízké již specifické formě virtuální reality, té, která se označuje jako imersivní či ponořující (Ryan, 2015; Slater & Wilbur, 1997; Walsh & Pawlowski, 2002) a na kterou se zaměřuje naše studie.

Freina a Ott (2015, s. 1–2) o ní hovoří následovně:

Prostorové ponoření do virtuální reality je spojené s vnímáním fyzické přítomnosti v nefyzickém světě. Vnímání je konstituováno obklopením uživatele systémem iVR obrazem, zvukem nebo jinými podněty, které poskytují velmi pohlcující prostředí, ve kterém cítí, že simulovaný svět je percepčně přesvědčivý, vypadá „autenticky“ a „skutečně“ a hráč má pocit, že on nebo ona ve skutečnosti je „tam“.

Zde je třeba mít upřesňující poznámku – skutečný svět může být v tomto ohledu svět kreslený, vypadající zcela jinak než „běžný pohled z okna“. Filosoficky adekvátně vymežit skutečnost je úkol nesnadný (Bhashar, 1997; Killam, 2013; Lakoff, 2006; Thomson, 2011). Imersivní virtuální realita má se skutečným světem společné epistemické charakteristiky spojené s možností zakoušení tělesnosti (Lakoff, 2006; Slater, 2014; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Mnoho autorů ale pracuje s různě koncipovanými definicemi imersivní virtuální reality, Kilmon a kol. (2010) zdůrazňují že jde o počítačově generovanou simulaci trojrozměrného prostředí; De la Peña a kol. (2010) akcentují možnost vstoupit do příběhu skrze headset; další definice pak nabízí například Makransky a Lilleholt (2018). Rozdílnost těchto konceptů ale není pro naši studii podstatná.

Dnes imersivní virtuální realitu nejčastěji dáváme do souvislosti s brýlemi (headsety) a s nimi spojenými ovladači a senzory,² jako je Oculus Rift, Pico Neo, Valve Index či HTC Vive. Rozdíl mezi nimi jsou značné – rozlišení obrazu, způsob práce s audiem, výpočetní náročnost, způsob iniciace nebo nutnost

² Existují i jiná řešení, například obleky a rozšíření zkušenosti o haptický rozměr, ale tyto aplikace jsou zatím jen okrajové.

přítomnosti kabelů či bezdrátového řešení. Míra imerse může být rozhodující pro celkový zážitek z iVR a určující pro edukační výsledek (Baños, et al., 1999; Murray et al., 2007; Nordahl & Korsgaard, 2010). Míra imerse není závislá jen na kvalitě zařízení, ale také na celkovém uspořádání aktivity, která je v iVR realizována (Baños, et al., 1999; Dyer et al., 2018; Pan et al., 2016). Samotné měření imerse je náročné a bývá realizováno především psychologi (Martinez et al., 2020) a většina studií se soustředí na analýzu konkrétní edukační problematiky a imersi předpokládá jako automatickou zajištěnou vhodnou technologii.

Se snižující se cenou těchto zařízení se otevírá také prostor pro jejich edukační využití (Górski et al., 2016; Potkonjak et al., 2016). Analýza možnosti využití imersivní virtuální reality ve vzdělávání, respektive její SWOT analýza, bude předmětem této studie. Přesto považujeme za důležité zdůraznit, že již dnes je možné na úrovni vzdělávání od druhého stupně základních škol (Civelek et al., 2014; Hew & Cheung, 2010) po celoživotní učení či gerontopedagogiku (Appel et al., 2020) nacházet aplikace iVR, které rozšiřují možnosti stávající edukace (Jensen & Konradsen, 2018; Merchant et al., 2014). Nejde tedy o futuristický koncept, ale o reálné téma školní výuky.

1 Metodologie

Dle v českém prostředí obvyklé typologie přehledových studií dle Mareše (2013, s. 430) volíme tradiční přehled, který je definován jako:

shrnující přehled, který se opírá o rozsáhlejší soubor prací na dané téma za zvolené časové období. Autor při tvorbě přehledu vychází z pečlivě volených výzkumných otázek či stanovených hledisek. Popisuje poznatky získané dosavadními výzkumy, sumarizuje je, identifikuje rozpory v názorech autorů i ve výsledcích, které uvádějí.

Současně se ale opíráme i o určité rysy mapujícího přehledu a to tím, že klastrujeme informace do čtyř oblastí SWOT analýzy.

V rámci naší přehledové studie budeme odpovídat kvalitativním způsobem na následující výzkumné otázky:

1. Jaká jsou nejpodstatnější témata zmiňovaná v souvislosti s imersivní virtuální realitou (iVR) ve vzdělávání optikou nejcitovanějších článků v databázi SCOPUS?

2. Jaké jsou silné stránky využití iVR ve vzdělávání optikou nejcitovanějších článků v databázi SCOPUS?
3. Jaké jsou slabé stránky využití iVR ve vzdělávání optikou nejcitovanějších článků v databázi SCOPUS?
4. V čem nejcitovanější články v databázi SCOPUS vidí příležitosti iVR ve vzdělávání?
5. V čem nejcitovanější články v databázi SCOPUS vidí hrozby iVR ve vzdělávání?

Z toho vyplývá, že pro práci s texty využijeme databázi SCOPUS, která obsahuje recenzované studie a nabízí jejich citační analýzu. Protože se věnujeme tématu aktuálnímu, rozhodli jsme se, že výsledky vyhledávání omezíme na roky 2016–2021 (k 19. 5. 2021), tedy na posledních pět let. Budeme se soustředit jen na studie, které již vyšly, mají charakter článku a jsou psané v angličtině. Jde tedy o snahu pracovat se současným výzkumným a publikačním diskursem. Do výsledků jsou z důvodu metodologické transparentnosti zařazeny jen dokumenty, které jsou dostupné pod libovolnou formou otevřeného přístupu (*open access*).

Výsledný vyhledávací dotaz byl proto konstruován následujícím způsobem (volba klíčových slov zvyšuje relevanci článků ve výsledném souboru):

```
TITLE-ABS-KEY ( immersive „virtual reality“ education ) AND ( LIMIT-TO ( OA , „all“ ) ) AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , „Virtual Reality“ ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , „Education“ ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , „Immersive Virtual Reality“ ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , „final“ ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , „ar“ ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , „English“ ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) )
```

Tímto způsobem bylo nalezeno 127 dokumentů. Nejcitovanějším dokumentem byla studie Potkonjak a kol. (2016) s 280 citačními ohlasy. Výsledky byly seřazeny podle citovanosti a pro naši studii jsme vybrali prvních 15 dokumentů. Ty jsou v další části naší přehledové studie stručně charakterizovány. Současně jsme z článků průběžně tvořili tabulku pro SWOT analýzu (Adl et al., 2013; Gürel, 2017), která je základem analýzy v další části naší studie.

Řazení textů v kapitole Výsledky je určeno počtem citačních ohlasů – od nejvyššího po nejnižší.

Naše studie není jedinou přehledovou studií na téma využití iVR ve vzdělávání, lze zmínit například Freina a Ott (2015), Potkonjak a kol. (2016), Jensen a Konradsen (2018) či Merchant a kol. (2014), a především novou studii Radianti a kol. (2020). Náš přístup je jiný v tom, že se se zvýšenou pečlivostí zaměřujeme na SWOT analýzu tématu zachyceného v nejcitovanějších textech uveřejněných pod otevřenou licencí indexovaných v databázi SCOPUS. Pracujeme s analýzou současného diskursu na poměrně malém množství systematicky analyzovaných studií. Oproti výše uvedeným studiím jsou námi studované články aktuálnější.

Limity naší studie jsou především tři. Pracujeme s poměrně malým vzorkem 15 studií; bylo by vhodné provést rozsáhlou metastudii nad dokumenty s nadlimitním citačním ohlasem (například $n=4$), což by odpovídalo přibližně 76 dokumentům.

Druhým limitem je práce pouze s dokumenty s open access přístupem, neboť většina dokumentů (a pravděpodobně silně tvořících diskurs) takto licenci nastavenou nemá. Jde přibližně o polovinu výsledků, které jsou na základě tohoto kritéria vyřazeny (290 bez omezení na otevřenou licenci a již zmiňovaných 127 s otevřenou licencí). Pokud budeme v textu pracovat s pojmem nejcitovanější článek, máme na mysli vždy s ohledem na otevřenou licenci. Tyto články jsou rozloženy přibližně rovnoměrně (1., 4. a 5. jsou otevřené, 2. a 3. nikoliv).

Za třetí, naše studie zvýhodňuje starší texty (rok publikace cca 2016–2019), protože měly „více času“ získat citační ohlasy, tento rys ale není možné u metastudií nebo přehledových studií filtrujících výsledky podle citačních ohlasů nijak zohlednit. V neposlední řadě je otázkou, zda citační ohlas můžeme vnímat jako určitý parametr kvality – této diskusi se chceme v naší studii vyhnout a soustředíme se jen na předpoklad, že citovanost odpovídá určitému impaktu do vědecké komunity, je tedy korelující s určitým diskursem vědeckého bádání.

Kvartil časopisu (uváděný ve výsledcích) byl brán ze systému Scimago (www.scimagojr.com/), který je propojený se systémem SCOPUS. Tam, kde byl časopis zařazen do více kategorií, byla brána v úvahu ta, která je námi studovanému oboru nejbližší (pedagogika, případně psychologie). Kvartil je

v systému zanesen za rok 2020. Ve výsledcích je jasně patrné, že existuje silná korelace mezi kvartilem časopisu a citačním ohlaselem. Pouze tři studie byly zařazeny ve druhém kvartilu, zbývající v prvním. To ukazuje, že volba výběru na základě citačního ohlasu je oprávněná i s ohledem na kvalitu (byť opět kvantitativně určenou) zdrojových časopisů. Z tohoto pohledu je také zřejmé, že volba výběru dle citačních ohlasů je oprávněná nejen s ohledem na impakt článku do odborného diskursu, ale také proto, že reflektuje vysokou kvalitu jednotlivých časopisů.

Současně nevolíme výběr čistě dle kvality časopisu, protože chceme zastoupit jednak určitou metodologickou, kulturní a přístupovou rozmanitost, ale také proto, že přístup k imersivní virtuální realitě je multidisciplinární a není možné mezi sebou snadno komparovat (například dle IF) časopisy z psychologie, pedagogiky a multioborové časopisy (například PlosOne).

2 Výsledky

S ohledem na výše uvedené parametry jsme do naší studie zařadili 15 nejcitovanějších textů (viz Tabulka 1). Vyřazena byla studie Barsom a kol. (2016), protože pojednávala o rozšířené, nikoliv o imersivní virtuální realitě. Citační ohlasy jsou počítané výhradně z databáze SCOPUS, parametr T/E/A udává, zda jde o teoretickou (T) nebo empirickou (E) studii, případně o analýzu aplikace (A) určitého řešení.

3 Analýza

Rádi bychom analytickou část naší přehledové studie rozdělili na dvě části. V první se pokusíme shrnout nejdůležitější témata ze studovaných textů a v druhé části vytvoříme SWOT analýzu na základě informací, které jsme z textů získali. Znovu bychom rádi zdůraznili, že cílem této studie je analýzou určitého mainstreamu, který se v posledních pěti letech v této oblasti objevuje, sledovat nejširší předporozumění problematice využití imersivní virtuální reality ve vzdělávání (Johnson & Lester, 2016; Potkonjak et al., 2016; Radianti et al., 2020). Pokud o některých tématech nebudeme hovořit, neznamená to, že neexistují nebo se ve výzkumném diskursu neprosazují vůbec, ale oproti těmto studiím mají nižší dopad.

Tabulka 1

Tabulka s jednotlivými studii z databáze SCOPUS zařazenými do naší analýzy

Název	Autor	T/E	Metodologický přístup	Shrnutí	Citační ohlasy	Kvartil časopisu
Virtual laboratories for education in science, technology and engineering: A review	Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., (...), Petrović, V.M., Jovanović, K.	T	Přehledová studie	Článek se zaměřuje na práci ve virtuálních laboratořích, je přehledovou studií dostupných řešení a ukazuje, že jejich použití může být lepší než tradiční „měření na dálku“. iVR se zde ukazuje jako nástroj pro vzdělávání inženýrů a přírodovědců. Autoři popisují velké množství existujících řešení i vědeckých projektů.	282	Q1
The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy	Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., Stirling, A.	E	Kvantitativní výzkum, test	Článek porovnával učení ve iVR, AR (rozšířená realita) a pomocí tabletů v oblasti anatomie. Ukazuje, že výsledky v rovině znalostí jsou srovnatelné, iVR nabízí ale větší zapojení a zábavu pro studenty. Současně je spojené s řadou fyziologických nežádoucích efektů, jako je například bolest hlavy.	166	Q1
Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation	Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., Johnson, E.	E	Smišený design	Studie jasně ukazuje, že učení ve iVR mění strukturu pojmů (VR x počítačové simulace) a významů tak, jak to zdůrazňuje Lakoff a Johnson. Vzdělávání ve iVR je nejen účinnější a zábavnější, ale díky tomuto poznatku je zcela novým didaktickým polem.	157	Q1
A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda	Radianti, J., Majchrzak, T.A., Fromm, J., Wohlgenannt, I.	T	Přehledová studie	Rozsáhlá přehledová studie zachycuje stávající poznání v oblasti iVR. Definiuje doporučení pro vývojáře i lektory a ukazuje současný stav poznání.	122	Q1

Název	Autor	T/E	Metodologický přístup	Shrnutí	Citační ohlasy	Kvartil časopisu
Affective computing in virtual reality: emotion recognition from brain and heartbeat dynamics using wearable sensors	Marín-Morales, J., Higuera-Trujillo, J.L., Greco, A., (...) Alcañiz, M., Valenza, G.	E	Kvantitativní výzkum	Studie sledovala vztah mezi emocemi a různými způsoby uspořádání výstavního prostoru. Autoři ukazují, že iVR lze dobře využít pro manipulaci s emocemi a vývoj prostředí v běžné architektuře, které tyto emoce budou vyvolávat. Lze například hledat emočně optimální strukturu parku, čekárny nebo školní třídy.	77	Q1
Face-to-face interaction with pedagogical agents, twenty years later	Johnson, W.L., Lester, J.C.	T	Přehledová studie	Studie se zaměřila na pedagogické agenty. Upozorňuje, že během posledních 20 let se podařilo splnit velkou část předpovědí a předpokladů. Masivnímu využití brání především nedostupné aplikační nástroje pro tvorbu vlastních agentů a situací.	73	Q1
A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education	Makransky, G., Lilleholt, L.	E	Kvantitativní výzkum	Studie upozorňuje, že iVR je vhodným spojením jak s kognitivním, tak s afektivním rozměrem AI. Nejde tedy o hru nebo o krátkodobý efekt, ale o komplexní proměnu epistemické zkušenosti. Experiment ukázal lepší výsledky učení ve iVR než v klasickém prostředí, i co se týče motivace a pozornosti.	72	Q1
Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders	Lorenzo, G., Lledó, A., Pomares, J., Roig, R.	E	Kvantitativní výzkum	Článek ukazuje, že iVR je vhodným prostředím pro rozvoj sociálních interakcí a dovedností u dětí s poruchami autistického spektra. Vykazuje statisticky podstatně lepší výsledky než klasická počítačová podpora.	67	Q1

Název	Autor	T/E	Metodologický přístup	Shrnutí	Citační ohlasy	Kvartil časopisu
Effectiveness of Immersive Virtual Reality in Surgical Training—A Randomized Control Trial	Pulijala, Y., Ma, M., Pears, M., Peebles, D., Ayoub, A.	E	Kvantitativní výzkum	Studie ukázala, že zkušenost se zdravotním zákrokem ve VR a běžná edukace jsou statisticky signifikantně odlišné. Využití iVR vede k většímu porozumění problému, lepším znalostem, ale i žádoucím změnám postojů.	42	Q2
Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment	Meyer, O.A., Omdahl, M.K., Makransky, G.	E	Kvantitativní výzkum	Studie ukázala, že učení ve iVR je efektivnější než běžné učení a že rozhodujícím prvkem je právě médium. Současně ale konstatuje, že pro efektivní učení ve iVR je třeba pracovat s určitou pre-edukací, která není blíže prozkoumaná, ale má rozhodující vliv na výsledek učení.	39	Q1
Effects of embodied learning and digital platform on the retention of physics content: Centripetal force	Johnson-Glenberg, M.C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D.A., Savio-Ramos, C.	E	Kvantitativní výzkum	Experiment pracoval s výukou tématu o odstředivé síle na základě vtělesněné zkušenosti, což hodnotí jako zásadní prvek při výuce přírodních věd. Ukazuje, že klíčové výsledky nacházíme až v odloženém testování, v dlouhodobějších zkušebnostních strukturách.	34	Q2
The responses of medical general practitioners to unreasonable patient demand for antibiotics - A study of medical ethics using immersive virtual reality	Pan, X., Slater, M., Beacco, A., (...), Hamilton, A.F.D.C., Delacroix, S.	E	Kvalitativní výzkum	Účastníci výzkumu vykazovali velkou míru pohlednosti do výzkumu, nerozlišovali reálný a nereálný rozhovor. Ukazuje se, že iVR lze dobře použít pro simulaci sociálních interakcí.	33	Q1

Název	Autor	T/E	Metodologický přístup	Shrnutí	Citační ohlasy	Kvartil časopisu
Effective design of educational virtual reality applications for medicine using knowledge-engineering techniques	Górski, F., Bun, P., Wichniarek, R., Zawadzki, P., Hamrol, A.	T	Design standardizace	Studie je analýzou toho, jak se vytvářejí iVR aplikace a současně, jaké stupně a formy potřebujeme pro vzdělávání lékařů (začátečníci, středně zkušení, velmi zkušení lékaři). Na průsečíku těchto dvou oblastí vzniká prostor pro hledání univerzálního řešení, které by umožnilo větší kompatibilitu iVR aplikací.	31	Q2
Using virtual reality in medical education to teach empathy	Dyer, E., Swartzlander, B.J., Gugliucci, M.R.	A	Popis zkušenosti	Studenti medicíny využívali iVR pro získání představy o „zážitku stáří“ s cílem rozvinout v nich empatii pro tuto cílovou skupinu. iVR přitom byly dostupné v knihovnách na krátké zážitkové lekce (pod 10 minut).	30	Q1
Augmented versus virtual reality in education: An exploratory study examining science knowledge retention when using augmented reality/virtual reality mobile applications	Huang, K.-T., Ball, C., Francis, J., (...) Boumris, J., Fordham, J.	E	Kvantitativní výzkum	Pokud jde o sluchové vjemy, je efektivnější AR, pokud o vizuální, tak iVR. Ta je také lepší v imersi. Studie ukazuje, že ideální pro vzdělávání je kombinace iVR a AR podle zvoleného postupu nebo tématu.	29	Q1

Zásadním tématem je komparace iVR s dalšími formami vzdělávání a snaha měřit efektivitu edukace s využitím iVR (Johnson & Lester, 2016; Makransky & Lilleholt, 2018; Moro et al., 2017; Radianti et al., 2020). Lze říci, že poměrně významně je diskutována komparace výuky v iVR s výukou v AR (augmented reality – rozšířená realita zobrazující fyzický prostor, do nějž vkládá další virtuální informace nebo objekty), ale také s edukačními efekty, pokud je místo iVR využito běžných počítačů nebo mobilních telefonů (Johnson-Glenberg et al., 2016; Meyer et al., 2019). Zdá se, že iVR vychází ve většině výzkumů jednoznačně pozitivně, a že negativa mají spíše okrajový charakter (viz slabé stránky níže).

Všechny studie v našem textu jsou v zásadě optimistické, nenabízejí kritický pohled na iVR, ale spíše akcentují výhody, možnosti, pozitiva. Tam, kde se hovoří o nedostatcích, jedná se spíše o problémy technického charakteru (Pulijala et al., 2018; Radianti et al., 2020), které budeme schopni překonat. Tento technooptimistický diskurs (Lorenzo et al., 2016; Pan et al., 2016) je v současném světě poměrně unikátní a ukazuje na výjimečné postavení technologie v celé edukační reflexi.

Technooptimistický směr je přitom spojen s několika problémy. Předně zásadním způsobem převládá v analyzovaných textech přírodovědecký, medicínský nebo inženýrský přístup ke zpracovávaným tématům; humanitní předměty jsou zásadně marginalizované, což vnímáme jako velký strukturní problém (Johnson & Lester, 2016; Johnson-Glenberg et al., 2016; Makransky & Lilleholt, 2018; Pulijala et al., 2018, Górski et al., 2016). Současně neexistuje jednoznačná metodika, jak lekce v iVR navrhovat, jak s nimi pracovat. Řada textů se snaží pracovat se svými doporučeními ohledně integrativních doporučení pro vývoj lekcí a objektů určených pro iVR (Górski et al., 2016; Radianti et al., 2020; Potkonjak, 2016; Lorenzo et al., 2016), ale ty mají často jednoúčelový charakter, vycházejí z konkrétní zkoumané oblasti nebo problému.

Poměrně velká pozornost je věnována rozvoji komunikačních dovedností, sociálních interakcí nebo empatie, ať již pro osoby s poruchami autistického spektra (Dyer et al., 2018; Lorenzo et al., 2016; Pan et al., 2016) nebo i v běžné populaci. S jistou mírou zobecnění lze říci, že pokud nejsou zkoumány oblasti STEM (*science, technology, engineering and mathematics* – přírodní vědy, technika, inženýrství a matematika), je pozornost upnuta do této sociální oblasti. Zdá se, že data jsou poměrně přesvědčivá v oblasti imerse

a pocitu zapojení do výuky, že iVR dokáže měnit postoje studentů, rozvíjet jejich komunikační dovednosti. Kritický hlas, který by tvrdil, že jde o hru bez skutečného dopadu, není zastoupen, byť se opakují výzvy k hledání lepších a realističtějších (Potkonjak et al., 2016; Radiani et al., 2020), případně hapticky orientovaných (Pulijala et al., 2018) řešení.

Existuje silná konsensuální shoda, že využívání iVR je jedním z klíčových témat edukace vůbec. Studenty vede k větší motivovanosti, zapojení do výuky, soustředění, autonomii nebo k lepším znalostem (Lindgren et al., 2016; Meyer et al., 2019; Radiani et al., 2020), a to dokonce i v časovém odstupu (Meyer et al., 2019). Data jsou v této oblasti zcela jasná a není možné pracovat s konceptem „staré dobré školy“ nebo „osvědčených metod“. Výsledky jak v oblasti teoretických, tak empirických studií jsou nezpochybnitelné a otázka nezní, zda využívat, ale jakým způsobem využívat iVR ve vzdělávání.

Pro samotné využití iVR existují různá doporučení, ale i přístupy, které akcentují jeho určité charakteristiky. Existuje pohled spojený s tématem tělesnosti a vtělesněného učení, který považujeme za jeden z nejdůležitějších (Johnson-Glenberg et al., 2016; Lindgren et al., 2016). Vztahuje se k Lakoffovi a Johnsonovi (2002) a akcentuje roli těla pro představivost, strukturaci pojmů, chápání souvislostí. Zajímavý příspěvek nabízejí Meyer a kol. (2019), kteří si všímají nutnosti pracovat s preedukací (určitým zaškolením nebo vysvětlením určitých jevů před začátkem práce v iVR). Poukazují na skutečnost, že lze hledat vyváženou formu mezi klasickým vzděláváním založeným na práci s logicky strukturovanými pojmy a se zkušenostně kotveným učním v iVR.

Za zásadní považujeme skutečnost, že pomocí iVR lze pracovat s emocemi uživatelů a využívat je k edukačním účelům (Makransky & Lilleholt, 2018; Marín-Morales et al., 2018; Potkonjak et al., 2016). Klasické pojetí počítačového zpracování emocí bylo více analytické, zaměřené na konkrétní produkty nebo situace. Naráželo však na limity na úrovni kontroly všech vstupních parametrů, což snižovalo jeho výzkumnou kvalitu. iVR umožňuje tento aspekt změnit (Marín-Morales et al., 2018). Lze očekávat existenci měnících se prostředí, která budou mít za cíl optimalizovat emoční působení na studenta (Makransky & Lilleholt, 2018), což považujeme za eticky problematickou část aplikace iVR.

Zdá se, že klíčovým trendem do budoucnosti bude hledání způsobu snadné tvorby nebo alespoň kompatibility jednotlivých nástrojů a platforem (Górski et al., 2016; Potkonjak et al., 2016). Roztříštěnost (jednotlivé objekty nebo světy nelze snadno přenášet mezi aplikacemi) a jednnúčelovost (vzniká celé nové prostředí pro jednu konkrétní úlohu nebo aplikaci) řešení totiž představuje výzvu pro aplikaci, ale i výzkumný problém (Johnson & Lester, 2016). Nalezení takového prostředí ale nebude pravděpodobně snadné, protože i navrhované řešení je silně kotvené v jedné konkrétní skupině uživatelů iVR (Górski et al., 2016), hledání univerzálního řešení bude tedy procesem ještě náročným a složitým.

Pokud se podíváme na analyzované texty, tak převládají empirické studie (11), které jsou ve většině (9 a 1 studie má smíšený výzkum) kvantitativně orientované, jediná studie je čistě kvalitativní. Zaměřují se na měření rozdílů mezi různými formami vzdělávání, pretesty, počty interakcí atp. Pokud jde o teoretické texty, můžeme vidět přehledové texty (1) nebo přehledové studie (2), případně design standardizace (1). Jeden text jsme označili jako aplikační – jde o reflektovanou praxi.

3.1 *Silné stránky*

Silné stránky jsou v námi sledovaných studiích zastoupené nejvíce. Pravděpodobně nejčastěji jsou zmiňované otázky motivace (Makransky & Lilleholt, 2018; Meyer et al., 2019), zábavy či ponořenosti do činnosti (Johnson & Lester, 2016; Lindgren et al., 2016; Moro et al., 2017), tedy základní psychologické determinanty výuky. iVR se tedy ukazuje jako didaktický nástroj, který může pomoci studentům s učením.

Za silnou stránku se považuje také široká uplatnitelnost iVR (Górski et al., 2016; Johnson & Lester, 2016; Johnson-Glenberg et al., 2016; Potkonjak et al., 2016; Radianti et al., 2020). Tato uplatnitelnost je zajímavá v kontextu, o kterém jsme hovořili výše, totiž v jasném důrazu na přírodní vědy a sociální interakce proti vědám humanitním (Johnson & Lester, 2016). Lze ale říci, že jde o silnou a zajímavou technologii právě v přírodovědném vzdělávání, ať již jde o rozvoj vědecké představitosti (Johnson-Glenberg et al., 2016; Lindgren et al., 2016), fyzikální experimenty a virtuální laboratoře (Potkonjak et al., 2016) nebo o představitost v biologii a medicíně (Dyer et al., 2018; Pulijala et al., 2018).

Další kategorii silných stránek bychom mohli shrnout pod pojem kontroly nad prostředím. Potkonjak a kol. (2016) hovoří o flexibilitě a možnosti opakovaného využití, odolnosti proti poškození či o přidávání virtuálních vrstev do reality. Studie (Marín-Morales et al., 2018) hovoří o plné kontrole nad edukačním prostředím, o možnosti ho jednoduše měnit a transformovat tak, aby docházelo k úpravě emočního prožitku studenta. Z druhé strany Makransky a Lilleholt (2018) uvádějí, že studenti cítí větší studijní autonomii a kontrolu nad edukačním zážitkem. S tím souvisí také možnost snadno přizpůsobit prostředí stupni pokročilosti studentů (Górski et al., 2016; Potkonjak et al., 2016).

Z hlediska pedagogického je klíčová efektivita vzdělávání, tedy to, zda využití těchto technologií má smysl a případně jaký. Lindgren a kol. (2016) zdůrazňují lepší provázanost pojmů (a jejich sémantizace a kontextualizace s dalšími pojmy), než při vzdělávání ve fyzickém prostoru, což je pro edukační význam pravděpodobně nejdůležitější změnou. Radianti a kol. (2020) zdůrazňují rozvoj znalostí i dovedností, který je spojen s přítomností rychlé a intenzivnější zpětné vazby. Lorenzo a kol. (2016) zdůrazňují možnost přenositelnosti zkušenosti do reálného světa, Meyer a kol. (2019) se odvolávají na lepší znalosti studentů při lekci ve iVR, Johnson-Glenberg a kol. (2016) akcentují skutečnost dlouhodobých pozitivních účinků na znalosti studentů.

Opakovaně se také setkáváme s důrazem na prostorovou představivost (Huang et al., 2019; Johnson-Glenberg et al., 2016; Lindgren et al., 2016; Makransky & Lilleholt, 2018). Podle jednotlivých výzkumů je právě práce s prostorovou představivostí něčím, co by mohlo souviset s oblastí, ve které je iVR nejefektivnějším edukačním nástrojem. S tím souvisí také to, že některé studie (Dyer et al., 2018; Johnson & Lester, 2016; Potkonjak et al., 2016) zdůrazňují význam iVR pro nováčky nebo méně zkušené osoby, což by právě s nedostatečnou představivostí mohlo souviset.

Poslední silně zastoupenou kategorií je změna hodnot a postojů, tedy něco, co je v reálném světě poměrně náročné, ale část studií právě tuto oblast akcentuje jako měnitelnou skrze iVR. Dyer a kol. (2018) hovoří o rozvoji empatie skrze zážitky seniorního věku u studentů lékařství. Podobně Górski a kol. (2016) hovoří o tom, že iVR může podpořit zkušenostní bázi lékařů, Pan a kol. (2016) ukazují, že může jít o dobrý nácvik komunikačních dovedností a reflektivní nástroj pro interakce pacienta s lékařem v eticky citlivých otázkách. Nakonec Pulijala a kol. (2018) ukazují, že vysvětlení zdravotního

zákroku v iVR vede k větší ochotě ho podstoupit, což může být důležitý prvek v rozvoji určité zdravotní kompetence, ale také to odkazuje k celkově možné transformaci postojů.

S tím souvisí také to, že imerse skutečně funguje (Dyer et al., 2018; Lorenzo et al., 2016; Marín-Morales et al., 2018; Pan et al., 2016). Nejde tedy o „fiktivní svět“ či aktivitu, u které studenti vědí, že je to jen na oko, ale o velice autentické edukační zážitky. Pan a kol. (2016) zdůrazňují, že i seniorní lékaři během práce v iVR nevnímají virtualitu, ale rozhovory s pacienty vedou stejně jako v běžném prostředí svých ordinací.

3.2 Slabé stránky

Slabých stránek studie udávaly podstatně méně než silných. Panuje shoda na tom, že problémem (byť vhodným designem do značné míry odstranitelným) mohou být především negativní psychosomatické projevy, jako je nevolnost, závratě, bolest hlavy atp. (Makransky & Lilleholt, 2018; Moro et al., 2017; Radianti et al., 2020). Dyer a kol. (2018) dokonce navrhují práci s krátkými lekciemi do deseti minut.

Druhá skupina nevýhod se týkala náročnosti designu prostředí (Johnson & Lester, 2016; Johnson-Glenberg et al., 2016), případně jeho standardizace (Górski et al., 2016). Obecně platí, že vývoj prostředí je náročný a často vede k jednorázovým úkolům, což problematizuje edukační využití. Chybí jednotné prostředí (typicky nachystané místnosti, funkce, interakce, které by bylo možné snadno implementovat do nových edukačních úkolů a aktivit), ve kterém by mohl učitel snadno zvolit buď aktéry (Johnson & Lester, 2016), nebo knihovnu prvků (Potkonjak et al., 2016). Právě náročnost vývoje prostředí v současné době představuje pravděpodobně největší problém iVR.

Mezi další problémy jsou řazené technické chyby v prostředí (Makransky & Lilleholt, 2018; Radianti et al., 2020), nižší míra emočního zážitku (Potkonjak et al., 2016), problematicky dostupná haptická odezva (Potkonjak et al., 2016; Pulijala et al., 2018); Pulijala a kol. (2018) zmiňují ještě hmotnost náhlavní soupravy a celkové ekonomické náklady. Potkonjak a kol. (2018) upozorňují, že některé zkušenosti lze získat jen skrze jemnou motoriku, což v iVR zatím běžně nedokážeme.

Za závažné považujeme ale pedagogické komentáře. Huang a kol. (2019) píší o tom, že práce se zvukovou informací během využívání iVR je nižší než například u AR, což omezuje některé možné edukační postupy. Meyer

a kol. (2019) zdůrazňují význam preedukace a tvrdí, že kognitivní zátěž během práce ve iVR vede k podobným důsledkům, jaké popisuje Huang a kol. (2019). Je tedy nutné lekce pečlivě připravovat a zasazovat do širších vzdělávacích souvislostí, nikoli do jednorázových „zážitků“. Potkonjak a kol. (2019) se domnívají, že dalším problémem je absence možnosti práce v prostředí, kde se může stát něco neočekávaného, neplánovaného, virtuální laboratoř má v tomto ohledu jen omezené možnosti selhání, ale i překvapivých objevů.

3.3 Výzvy

Z předchozích dvou podkapitol poměrně přirozeně vyplývají zásadní výzvy, které se v oblasti aplikace iVR objevují. Je třeba hledat řešení, která budou pracovat s velkými otevřenými knihovnami objektů a současně budou dynamická tak, aby umožnila masivní tvorbu jednotlivých prostředí, zdůrazňují Potkonjak a kol. (2016). Podobným směrem uvažují i Johnson a Lester (2016), kteří jako výzvu vnímají vznik nástrojů pro vývoj virtuálních agentů, kteří by se mohli v iVR uplatňovat, tedy něco podobného, co představoval Microsoft Agent. Podobně výzvy formulují také Górski a kol. (2016). Zatímco běžnou prezentaci či pracovní list si učitel může připravit sám, v oblasti iVR je odkázán na hotová řešení nebo široce pojatá rozhraní, se kterými není možné rychle připravovat hodiny. Poznamenejme, že pokud vznikne jednoduché prostředí tak, jak se o něj snaží například Mozilla Spoke (Iglesias et al., 2021; Moleta & Nishioka, 2021), mohla by se iVR ve školním prostředí významně rozšířit.

Výzvy jsou spojené s technickým zpracováním iVR – je třeba zvýšit imersi a realističnost prostředí (Radianti et al., 2020) – nebo případně s rozšířením možností v oblasti práce s emocemi (Makransky & Lilleholt, 2018; Marín-Morales et al., 2018). Možnost zkoumat emoce v kontrolovaném prostředí může zásadně změnit mnohé edukační procedury a postupy (Marín-Morales et al., 2018).

Zajímavá jsou opět témata pedagogická; Moro a kol. (2017) hovoří o využití iVR jako o doplňku ke klasické výuce, Pulijala a kol. (2018) očekávají implementaci do výuky stomatologů. Otevřená je otázka konkrétního designu aplikací a lekcí (Radianti et al., 2020; Makransky & Lilleholt, 2018; Meyer et al., 2019; Johnson-Glenberg et al., 2016). Johnson-Glenberg a kol. (2016) však upozorňují, že vývoj současných lekcí je hodně zaměřený na výzkumné a experimentální vyučování a že možná s nástupem běžné edukační praxe

dojde k určitému rozvolnění situace nebo změn některých výzkumných zjištění. Radiani a kol. (2020) nabízejí poměrně obsáhlý soubor konkrétních rad a doporučení stejně jako některé další studie (Johnson-Glenberg et al., 2016; Potkonjak et al., 2016).

Otázkou, která je stále před námi, je také téma implementace iVR do běžného vzdělávání (Dyer et al., 2018; Huang et al., 2019; Lorenzo et al., 2016; Pan, 2016). Skutečnost, že zatím máme pouze jednotlivé zkušenosti nebo data mající spíše charakter určitých případových studií, se jeví jako velká výzkumná i aplikační výzva.

Z dalších výzev je nutné zmínit přístup Pan a kol. (2016), kteří se zaměřují na možnost provádění sociálních simulací a experimentů, které by v běžném prostředí byly eticky, technicky nebo finančně extrémně náročné, a jako příklad uvádí Milgramův experiment. Současně upozorňuje, že tyto aktivity lze použít pro efektivní nácvik různých situací (Johnson & Lester, 2016; Pan et al., 2016).

Studie se také věnují problematice měření emocí (Makransky & Lilleholt, 2018; Marín-Morales et al., 2018). Zdá se, že iVR umožňuje dostatečně dobře kontrolovaně měnit prostředí, což může vést k zajímavým experimentům v oblasti teorie poznání, psychologie či emocí jako takových. Nemusí jít tedy jen o pedagogicko-psychologický aspekt, ale o širší oblast zájmů, která bude se vzděláváním souviset pouze nepřímo.

3.4 Hrozby

Podle Johnson a Lester (2016) se musíme mít na pozoru před dvěma pedagogickými omyly. iVR nijak neřeší hlavní didaktické problémy, tedy to, že učitel zvolí špatný nebo neadekvátní postup k probírání konkrétní látky. Také v iVR je možné postupovat didakticky nevhodně, nejde o univerzální edukační řešení, které lze využít vždy, ale jen o rozšíření možností vzdělávání. Druhý problém, který považujeme za zásadní, je, že podle autorů existuje tolik výjimek z pravidel a souvislostí, že nemáme k dispozici dostatek jasných didaktických postupů pro práci s iVR (ty jsou předmětem zkoumání dílčích studií). Se snižující se cenou zařízení a rozšířením technologie můžeme dojít do situace, kdy edukaci nebudeme paradoxně pomocí iVR zlepšovat, ale spíše zhoršovat. Radiani a kol. (2020) zdůrazňují, že chybí procedurální data, že příliš mnoho vyvozujeme z úzkých výzkumů a možná celkové vyznění dat může být úplně jiné. Potřebujeme nejen více dat, ale i metastudií.

Makransky a Lilleholt (2018) upozorňují na skutečnost, že výsledky provedených výzkumů mohou být silně zkresleny tím, že jde o novinku. Většina participantů pracuje v iVR poprvé, proto je pro ně zajímavá a soustředí se na ni. Jaké budou dlouhodobé dopady pravidelného využívání námi analyzované studie neřeší. Podobně lze říci (Johnson-Glenberg et al., 2016), že pro experimenty volíme velmi promyšlené úlohy, což ale neodpovídá běžné edukační praxi. Nevíme, zda nezkoumáme jen „speciální případy“.

Chybí široce sdílený model standardizovaného přístupu vývoje iVR (viz výše poznámka o prostředí). Nutnost znovu programovat celá edukační prostředí a interakce extrémně zvyšuje náklady a snižuje standardizaci empiricky získaných poznatků (Górski et al., 2016). Pokud se nepodaří přistoupit k efektivní konsolidaci a standardizaci, tak edukační dopady iVR zůstanou jen v rovině experimentálních studií z důvodů vysokých nákladů (Potkonjak et al., 2016). Dyer a kol. (2018) vidí hrozbu v problematické hygieně některých druhů náhlavních souprav, protože molitanové výplně není možné snadno desinfikovat.

Zásadní otázkou je, jak vhodně pracovat s kombinací klasické výuky (fyzické) a v iVR (Meyer et al., 2019). I když máme k dispozici úspěšné studie z dílčích experimentů (Johnson-Glenberg et al., 2017), je zde velké téma didaktické přiměřenosti. Z důvodů prostorové náročnosti není možné pracovat s větším množstvím zařízení v jedné fyzické třídě, proto bude nutné hledat různé modely hybridní výuky, případně doplňky v podobě lekcí v knihovně (Dyer et al., 2018) a podobně. Huang a kol. (2019) upozorňují, že někdy je výhodnější iVR, jindy realita rozšířená. Jde přitom jak o volbu didaktického postupu, tak tématu. Problém je možné chápat šířeji, protože iVR je pravděpodobně velice efektivní v určité oblasti postupů a témat, ale nemůže být jediným edukačním zdrojem (Meyer et al., 2019), je vždy součástí širší palety didaktických nástrojů a postupů, které je třeba pečlivě vyvažovat. Nezávládnuté hledání vhodných kombinací lze chápat jako jednu z hrozeb, které jsou s iVR spojené.

4 Závěr

Naše studie se pokusila českému čtenáři nabídnout základní pohled na to, jakým způsobem je reflektována situace využití imersivní virtuální reality ve vzdělávání v určitém diskursivním pojetí. Lze říci, že jde o téma s široce pozitivní percepcí, což ale neznamená jeho nekritické přijetí, ale jistou otevřenost k inovacím v určitých edukačních tématech nebo společenských

segmentech. iVR podle námi analyzovaných textů může vést k lepší struktuře pojmů a promyšlenější a hlubší práci s tělesností, tak jak ji ve svých textech rozvíjí Lakoff (2006) či Johnson (2013), což považujeme za hlediska didaktiky, ale i filosofie výchovy za zcela zásadní téma. Změna struktury pojmů a prostředí totiž může vést ke zcela jinému přístupu k řešení různých problémů nebo uvažování o světě jako takovém (Lakoff, 2006), což může mít zcela neočekávané důsledky (Willson, 2017), které nyní nedokážeme dostatečně prozkoumat.

Za významnou výzvu, která jasně vyplývá z našeho textu, lze považovat ještě tři důležitá témata:

- Jakým způsobem didakticky pracovat s iVR, a to nejen ve vlastním návrhu prostředí a vzdělávací lekce, ale především s ohledem na širší implementaci do edukace jako takové (Hamilton et al., 2021; Radiant et al., 2020).
- Jakým způsobem smysluplně využívat iVR v humanitních vědách (De la Peña et al., 2010; Villena Taranilla et al., 2019), což je stále podceňované téma, zatímco přírodní vědy či obecněji STEM jsou významně preferovanější (Kaufmann & Schmalstieg, 2006; Keefe & Laidlaw, 2013; Limniou et al., 2008).
- Jakým způsobem reflektovat přítomnost neživých aktérů ve vzdělávání (Rickel, 2001; Soliman & Guetl, 2010, 2013), která bude pravděpodobně stále intenzivnější.

Věříme, že námi předložená studie bude v českém prostředí stimulem pro aktivnější práci s iVR a poslouží jako odrazový můstek nejen pro dlíčí vědecké experimenty, ale především pro reálnou edukační praxi. Dále věříme tomu, že stále zvětšující se nabídka volně dostupných (i placených) her i prostředí sloužících k edukaci může v této oblasti výrazně pomoci. V českém prostředí lze zatím vidět významné výzkumně-aplikační skupiny například v Plzni (Duffek et al., 2021) nebo v Brně (Juřík et al., 2020; Šašinka et al. 2021).

Literatura

- Adl, A., Ashouri, M., Jamalpour, G., & Sandoosi, S. M. (2013). Overview SWOT analysis method and its application in organizations. *Singaporean Journal of Business, Economics and Management Studies*, 51(1114), 1–6.
- Appel, L., Appel, E., Bogler, O., Wiseman, M., Cohen, L., Ein, N., Abrams, H. B. & Campos, J. L. (2020). Older adults with cognitive and/or physical impairments can benefit from immersive virtual reality experiences: A feasibility study. *Frontiers in medicine*, 6, 329.

- Baños, R., Botella, C., Garcia-Palacios, A., Villa, H., Perpiñá, C., & Gallardo, M. (1999). Psychological variables and reality judgment in virtual environments: The roles of absorption and dissociation. *CyberPsychology & Behavior*, 2(2), 143–148.
- Barsom, E. Z., Graafland, M., & Schijven, M. P. (2016). Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Surgical endoscopy*, 30(10), 4174–4183.
- Bhaskar, R. (1997). On the ontological status of ideas. *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 27(2–3), 139–147.
- Biocca, F., & Delaney, B. (1995). Immersive virtual reality technology. In F. Biocca & M. R. Levy (Eds.), *Communication in the age of virtual reality* (s. 57–126). Lawrence Erlbaum Associates.
- Brand, S. (1988). *The Media Lab: Inventing the future at MIT*. Penguin Books.
- Civelek, T., Ucar, E., Ustunel, H., & Aydın, M. K. (2014). Effects of a haptic augmented simulation on K-12 students' achievement and their attitudes towards physics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(6), 565–574.
- De la Peña, N., Weil, P., Llobera, J., Giannopoulos, E., Pomés, A., Spanlang, B., Friedman, D., Sanches-Vivez, M. V., & Slater, M. (2010). Immersive journalism: immersive virtual reality for the first-person experience of news. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 19(4), 291–301.
- Duffek, V., Fiala, J., Hořejší, P., Mentlík, P., Polcar, J., Průcha, T., & Rohlíková, L. (2021). Pre-Service teachers' immersive experience in virtual classroom. In A. Visvizi, M. D. Lytras, & N. R. Aljohani (Eds.), *Research and Innovation Forum 2020: Disruptive Technologies in Times of Change* (s. 155–170). Springer International Publishing.
- Dyer, E., Swartzlander, B. J., & Gugliucci, M. R. (2018). Using virtual reality in medical education to teach empathy. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 106(4), 498.
- Freina, L., & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *The international scientific conference elearning and software for education*. <https://www.itd.cnr.it/download/eLSE%202015%20Freina%20Ott%20Paper.pdf>
- Giglioli, I. A. C., Pravettoni, G., Martín, D. L. S., Parra, E. & Raya, M. A. (2017). A novel integrating virtual reality approach for the assessment of the attachment behavioral system. *Frontiers in psychology*, 8, 959.
- Górski, F., Buń, P., Wichniarek, R., Zawadzki, P., & Hamrol, A. (2016). Effective design of educational virtual reality applications for medicine using knowledge-engineering techniques. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 395–416.
- Gürel, E., & Tat, M. (2017). SWOT analysis: A theoretical review. *Journal of International Social Research*, 10(51), 994–1006.
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1–32.
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of the research. *British journal of educational technology*, 41(1), 33–55.
- Huang, K. T., Ball, C., Francis, J., Ratan, R., Boumis, J., & Fordham, J. (2019). Augmented versus virtual reality in education: An exploratory study examining science knowledge retention

- when using augmented reality/virtual reality mobile applications. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(2), 105–110.
- Iglesias, M. I., Jenkins, M., & Morison, G. (2021, March). Enhanced low-cost web-based virtual tour experience for prospective students. In *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)* (s. 677–678). IEEE.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529.
- Johnson, M. (2013). *The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason*. University of Chicago Press.
- Johnson, W. L., & Lester, J. C. (2016). Face-to-face interaction with pedagogical agents, twenty years later. *International Journal of Artificial intelligence in education*, 26(1), 25–36.
- Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D. A., & Savio-Ramos, C. (2016). Effects of embodied learning and digital platform on the retention of physics content: Centripetal force. *Frontiers in psychology*, 7, 1819.
- Juřík, V., Herman, L., Snopková, D., Galang, A. J., Stachoň, Z., Chmelík, J., Kubíček, P., & Šašinka, Č. (2020). The 3D hype: Evaluating the potential of real 3D visualization in geo-related applications. *Plos one*, 15(5), e0233353.
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2006, March). Designing immersive virtual reality for geometry education. In *IEEE Virtual Reality Conference (VR 2006)* (s. 51–58). IEEE.
- Keefe, D. F., & Laidlaw, D. H. (2013, July). Virtual reality data visualization for team-based STEAM education: Tools, methods, and lessons learned. In *International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality* (s. 179–187). Springer.
- Killam, L. (2013). *Research terminology simplified: Paradigms, axiology, ontology, epistemology and methodology*. Laura Killam.
- Kilmon, C. A., Brown, L., Ghosh, S., & Mikitiuk, A. (2010). Immersive virtual reality simulations in nursing education. *Nursing education perspectives*, 31(5), 314–317.
- Koiliias, A., Nelson, M., Gubbi, S., Mousas, C., & Anagnostopoulos, C. N. (2020). Evaluating human movement coordination during immersive walking in a virtual crowd. *Behavioral Sciences*, 10(9), 130.
- Lakoff, G. (2006). *Ženy, oheň a nebezpečné věci: co kategorie vypovídají o naší mysli*. Triáda.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2002). *Metafory, kterými žijeme*. Host.
- Limniou, M., Roberts, D., & Papadopoulos, N. (2008). Full immersive virtual environment CAVETM in chemistry education. *Computers & Education*, 51(2), 584–593.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174–187.
- Lorenzo, G., Lledó, A., Pomares, J., & Roig, R. (2016). Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Computers & Education*, 98, 192–205.
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141–1164.
- Mareš, J. (2013). Přehledové studie: jejich typologie, funkce a způsob vytváření. *Pedagogická orientace*, 23(4), 427–454.

- Marín-Morales, J., Higuera-Trujillo, J. L., Greco, A., Guixeres, J., Llinares, C., Scilingo, E. P., Alcañiz, M., & Valenza, G. (2018). Affective computing in virtual reality: emotion recognition from brain and heartbeat dynamics using wearable sensors. *Scientific reports*, *8*(1), 1–15.
- Marín-Morales, J., Torrecilla, C., Guixeres, J., & Llinares, C. (2017). Methodological bases for a new platform for the measurement of human behaviour in virtual environments. *DYNA*, *92*(1), 34–38.
- Martinez, M., Garces, G. A., Dupont, L., Hily, A., Camargo, M., Jacob, C., & Dinet, J. (2020, April). Physiological assessment of User eXperience supported by Immersive Environments: First input from a literature review. In *ConVRgence (VRIC) Virtual Reality International Conference* (s. 89–108). Laval Virtual.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, *70*, 29–40.
- Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G. (2019). Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. *Computers & Education*, *140*, 103603.
- Moleta, T., & Nishioka, M. (2021). Populating virtual worlds-Architecture, photography, sonic art and creative writing collide at “In the Forest with the Trees we Made”. In *PROJECTIONS, Proceedings of the 26th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2021, Volume 2* (s. 233–242).
- Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., & Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical sciences education*, *10*(6), 549–559.
- Murray, C. D., Fox, J., & Pettifer, S. (2007). Absorption, dissociation, locus of control and presence in virtual reality. *Computers in Human Behavior*, *23*(3), 1347–1354.
- Nordahl, R., & Korsgaard, D. (2010). Distraction as a measure of presence: Using visual and tactile adjustable distraction as a measure to determine immersive presence of content in mediated environments. *Virtual Reality*, *14*(1), 27–42.
- Pan, X., Slater, M., Beacco, A., Navarro, X., Bellido Rivas, A. I., Swapp, D., Hale, J., Forbes, P. A. G., Denver, C., Hamilton, A. F. de C., & Delacroix, S. (2016). The responses of medical general practitioners to unreasonable patient demand for antibiotics—a study of medical ethics using immersive virtual reality. *PLoS one*, *11*(2), e0146837.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, *95*, 309–327.
- Puljala, Y., Ma, M., Pears, M., Peebles, D., & Ayoub, A. (2018). Effectiveness of immersive virtual reality in surgical training—a randomized control trial. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, *76*(5), 1065–1072.
- 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.
- Rickel, J. (2001, September). Intelligent virtual agents for education and training: Opportunities and challenges. In *International Workshop on Intelligent Virtual Agents* (s. 15–22). Springer.

- Rogers, S. (2019). *Virtual reality: THE learning aid of the 21st century*. Forbes. Retrieved August 12, 2022, from <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/03/15/virtual-reality-the-learning-aid-of-the-21st-century/?sh=1eb27a5d139b>
- Ryan, M. L. (2015). *Narrative as virtual reality 2: Revisiting immersion and interactivity in literature and electronic media* (Vol. 2). JHU Press.
- Slater, M. (2014). Grand challenges in virtual environments. *Frontiers in Robotics and AI*, 1. <https://doi.org/10.3389/frobt.2014.00003>
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603–616.
- Soliman, M., & Guetl, C. (2010, May). Intelligent pedagogical agents in immersive virtual learning environments: A review. In *The 33rd International Convention MIPRO* (s. 827–832). IEEE.
- Soliman, M., & Guetl, C. (2013, March). Implementing Intelligent Pedagogical Agents in virtual worlds: Tutoring natural science experiments in OpenWonderland. In *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (s. 782–789). IEEE.
- Šašinka, Č., Stachoň, Z., Čeněk, J., Šašinková, A., Popelka, S., Ugwitz, P., & Lacko, D. (2021). A comparison of the performance on extrinsic and intrinsic cartographic visualizations through correctness, response time and cognitive processing. *Plos one*, 16(4), e0250164.
- Thompson, M. (2011). Ontological shift or ontological drift? Reality claims, epistemological frameworks, and theory generation in organization studies. *Academy of Management Review*, 36(4), 754–773.
- Villena Taranilla, R., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., & López Cirugeda, I. (2019). Strolling through a city of the Roman Empire: an analysis of the potential of virtual reality to teach history in Primary Education. *Interactive Learning Environments*, 30(4), 1–11.
- Vince, J. (2004). *Introduction to virtual reality*. Springer Science & Business.
- Virtual reality, n. (2021). *OED Online*. Oxford University Press. www.oed.com/view/Entry/328583
- Walsh, K. R., & Pawlowski, S. D. (2002). Virtual reality: A technology in need of IS research. *Communications of the Association for Information Systems*, 8(1), 20.
- Willson, M. (2017). Algorithms (and the) everyday. *Information, Communication & Society*, 20(1), 137–150.

Autor

RNDr. Michal Černý, Ph.D., Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, Katedra informačních studií a knihovnictví, Arna Nováka 1, 602 00 Brno, e-mail: mcerny@phil.muni.cz

Immersive virtual reality in education: A SWOT analysis

Abstract: Immersive virtual reality is a significant trend in educational technology. This qualitatively oriented review study describes the most influential (by citations) studies in the SCOPUS database that deal with immersive virtual reality in education. This is a significant trend that can transform the nature of education in terms of its form, content, or competencies developed. This review study analyses 15 texts from the SCOPUS database. It focuses on the SWOT analysis resulting from these texts and reflects on the educational possibilities of using this technology in education. Thus, we do not aim at a comprehensive view of the whole issue but at identifying the most significant strengths, weaknesses, challenges, and threats in the texts that have the most significant impact on the production of professional (and secondarily educational-application) discourse. The study shows that, despite the real problems and limitations of this technology (in terms of technical processing and knowledge in pedagogy and psychology), it is a topic that needs a high level of attention, as it allows for a fundamental transformation of some educational practices.

Keywords: virtual reality, overview study, SWOT analysis, technology in education