

**PANEURÓPSKA VYSOKÁ ŠKOLA V BRATISLAVE  
FAKULTA INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FI-100786-21449

**VYUŽITIE MS HOLOLENS 2 VO VZDELÁVANÍ  
DIPLOMOVÁ PRÁCA**

**2023**

**Bc. Peter Drábik**

**PANEURÓPSKA VYSOKÁ ŠKOLA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FI-100786-21449

**VYUŽITIE MS HOLOLENS 2 VO VZDELÁVANÍ**  
**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

Študijný program: Aplikovaná informatika  
Názov študijného odboru: Informatika  
Školiace pracovisko: Ústav informatiky a matematiky  
Vedúci záverečnej práce: RNDr. Ján Lacko, PhD.  
Konzultant: Ing. John Doe

**Bratislava 2023**

**Bc. Peter Drábik**

# SÚHRN

PANEURÓPSKA VYSOKÁ ŠKOLA V BRATISLAVE  
FAKULTA INFORMATIKY

Študijný program:	Aplikovaná informatika
Autor:	Bc. Peter Drábik
Diplomová práca:	Využitie MS HOLOLENS 2 vo vzdelávaní
Vedúci záverečnej práce:	RNDr. Ján Lacko, PhD.
Konzultant:	Ing. John Doe
Miesto a rok predloženia práce:	Bratislava 2023

Tu bude abstrakt.

Kľúčové slová: kľúčové slovo1, kľúčové slovo2, kľúčové slovo3654654

# ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

Study Programme:	Applied Informatics
Author:	Bc. Peter Drábik
Master's thesis:	! UNDEFINED: \FEItitleEn
Supervisor:	RNDr. Ján Lacko, PhD.
Consultant:	Ing. John Doe
Place and year of submission:	Bratislava 2023

Here we will have an abstract.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3

# Pod'akovanie

I would like to express a gratitude to my thesis supervisor.

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Prehľad problematiky</b>	<b>2</b>
1.1 Virtuálna realita . . . . .	2
1.2 Rozšírená realita . . . . .	4
1.3 Zmiešaná realita . . . . .	5
1.3.1 Continuum . . . . .	5
1.3.2 Synonym . . . . .	5
1.3.3 Collaboration . . . . .	6
1.3.4 Combination . . . . .	6
1.3.5 Alignment . . . . .	6
1.3.6 Strong AR . . . . .	6
1.4 Microsoft HoloLens 2 . . . . .	7
1.5 Vývoj aplikácií pre Microsoft HoloLens 2 . . . . .	9
<b>Záver</b>	<b>10</b>
<b>Zoznam použitej literatúry</b>	<b>11</b>
<b>Prílohy</b>	<b>I</b>

# Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 1	Zobrazovacie zariadenie Ivana Sutherlanda . . . . .	3
Obrázok 2	Zjednodušená reprezentácia RV kontinua [9]. . . . .	6
Obrázok 3	Headset Microsoft HoloLens 2. . . . .	7

# Zoznam skratiek

**AR**    Augmented Reality

**CRT**   Cathode-Ray Tube

**MR**    Mixed Reality

**VR**    Virtual Reality



# Úvod

Tu bude krásny úvod s diakritikou atď.

A možno aj viac riadkový úvod.

# 1 Prehľad problematiky

Digitalizácia najrôznejších aspektov nášho života je prirodzeným prejavom technologického pokroku. Vďaka tomu sa pojmy, ako zmiešaná realita, rozšírená realita či virtuálna realita v priebehu posledných dekád začali stávať neoddeliteľnou súčasťou nášho jazyka. Na to, aby sme lepšie porozumeli tomu, čo to zmiešaná realita vlastne je, pokladáme za nevyhnutné venovať niekoľko odstavcov aj zvyšným dvom pojmom.

## 1.1 Virtuálna realita

*The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked.*

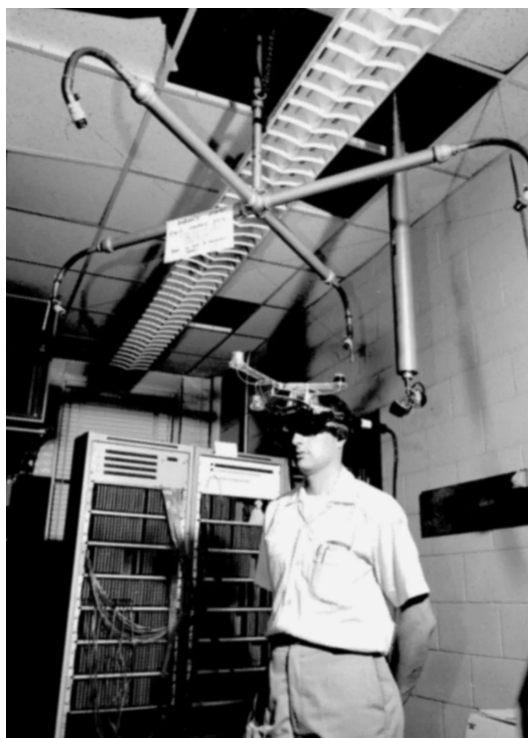
Týmito slovami v roku 1965 Ivan Sutherland vo svojom článku [1] sformuloval ideu, ktorá predstavuje raný popis imerzívneho<sup>1</sup> displeja v dobe, keď vtedajšie zariadenia bežne umožňovali zobrazovať rovné čiary, uvažovalo sa, že zobrazovanie kriviek by mohlo byť užitočné a žiadna komerčne dostupná obrazovka nebola schopná vykresliť farbou vyplnenú plochu [1].

Krátko potom Sutherland skonštruoval prvý interaktívny systém slúžiaci na zobrazovanie virtuálnej reality, ktorý si vyslúžil priliehavý prezývku *Damoklov meč* [2, s. 5], pozri obr. 1. Trojrozmerný displej s upevnením na hlavu, ktorý Sutherland vo svojej práci [3] popísal v roku 1968, pozostával zo špeciálnych okuliarov, ktoré na sebe mali upevnené dve miniatúrne obrazovky typu CRT a boli pevnou súčasťou ramena visiaceho zo stropu miestnosti. Okrem zníženia fyzickej záťaže používateľa, ktorá vznikala kvôli hmotnosti zariadenia, toto rameno slúžilo ako mechanický snímač polohy hlavy a spolu s ďalším, ultrazvukovým snímačom generovalo vstupné údaje pre výpočet rotačnej a translačnej matice. Tie boli súčasťou operácií nevyhnutných pre dynamické generovanie obrazu. Objekty, z ktorých pozostával výsledný obraz, boli poskladané z jednoduchých čiar a vytvárali tzv. wireframe model.

Sutherlandovo dielo významne prispelo k rozvoju myšlienok a technológií súvisiacimi s vizualizáciou umelého sveta. Postupom času vzniklo množstvo ďalších prototypov rôznorodých systémov, ktoré sa líšili nie len účelom použitia, ale aj spôsobom vzájomnej interakcie s človekom a aj tým, či a ako veľmi bol umelý svet prepojený s tým skutočným. Ako

---

<sup>1</sup>Z angl. *immersive* - voľne preložené ako vtahujúci do deja



Obr. 1: Zobrazovacie zariadenie Ivana Sutherlanda

príklad uvedieme systém VIDEOPLACE Myrona Kruegera z roku 1985, ktorý kombinuje zosnímanú postavu používateľa s umelo vytvoreným prostredím. Krueger navrhuje využitie tohto systému pre účely telekomunikácie uvádzajúc, že komunikácia medzi priateľmi či obchodnými partnermi nie je obmedzená len slovami, a teda je jednoznačne žiadúce, aby geograficky vzdialené osoby mohli zdieľať spoločné virtuálne prostredie [4].

Práve Kruegerov systém sprostredkúva to, čo v súčasnej terminológii môžeme označiť ako virtuálnu realitu. Tá preniesie človeka do úplne odlišného prostredia, reálne okolie a objekty v ňom nahradí počítačom generovanými, s cieľom poskytnúť používateľovi intenzívny zážitok z nového sveta, akoby sa v ňom skutočne nachádzal [5].

V deväťdesiatych rokoch minulého storočia bola snaha o rozšírenie zariadení pre virtuálnu realitu medzi bežných spotrebiteľov. Tieto zariadenia však boli cenovo nedostupné a spôsobovali používateľom nevoľnosť. Príčinou nevoľnosti bol nesúlad medzi zrakovým a vestibulárnym vnemom; ten bol spôsobený vysokou latenciou medzi pohybom hlavy používateľa a reakciou VR zariadenia na tento pohyb prekreslením virtuálnej scény.

Prelom nastal až v roku 2014, keď Palmer Luckey, zakladateľ spoločnosti Oculus, objavil spôsob, ako znížiť dobu trvania vyhodnocovania polohy hlavy za použitia gyroskopu, akcelerometra a magnetometra. Tento úspech opäť naštartoval záujem o túto technologickú oblasť [5]. V súčasnosti medzi najrozšírenejšie zariadenia patria Oculus Rift S, HTC Vive

Pro, HTC Vive Cosmos, Valve Index a Samsung HMD Odyssey+ [6]. Ďalšou z možností, ktorú propagujú výrobcovia, ako Samsung, Google a LG, je použitie smartfónu ako displeja vo VR headsete, čo predstavuje cenovo dostupnú alternatívu. Ako príklad uvádzame Samsung Gear VR, ktorý je kompatibilný s akýmkoľvek modelom Samsung Galaxy; ďalší príklad je dnes už nepodporovaný Google Cardboard a Google Daydream.

## 1.2 Rozšírená realita

Podľa výskumu popísaného v článku [7] definícia rozšírenej reality nie je ani zďaleka tak jednoznačná, ako v prípade virtuálnej reality. Jeho autori položili desiatim osobám, ktoré sa zaoberajú virtuálnou a rozšírenou realitou v komerčnej a akademickej sfére, súbor šestnástich otázok, ktoré boli navrhnuté tak, aby odhalili rozdiely vo vnímaní toho, čo je virtuálna, rozšírená a zmiešaná realita. Autori uvádzajú, že respondenti sa nezhodovali pri vymenovávaní relevantných charakteristík rozšírenej reality. Niektorí za rozšírenú realitu pokladajú aj jednoduchú vrstvu<sup>2</sup> s kontextuálnymi informáciami, zatiaľ čo ostatní explicitne uvádzali interakciu s reálnym prostredím a prekrývanie skutočných objektov počítačom generovanými ako jej súčasť.

Chen a Xue uvádzajú, že typický AR systém musí spĺňať tri podmienky: musí umožňovať interakciu medzi reálnym a virtuálnym obsahom, dokáže v reálnom čase prekrývať reálne objekty virtuálnymi, a musí pracovať v trojrozmernom priestore. Takáto funkcionálna vyžaduje použitie rôznych techník sledovania, zobrazovania a interakcie [8].

Techniky sledovania sú používané na zaznamenávanie a overovanie pozície a orientácie používateľov. Zohrávajú dôležitú úlohu pri zosúladení polohy reálnych a virtuálnych objektov. Pozíciu a orientáciu je možné zisťovať pomocou metód spracovania obrazu, za použitia rozličných senzorov, či kombináciou oboch spôsobov.

Zobrazovacie techniky spájajú virtuálny obsah a reálne prostredie a zobrazujú oboje naraz. V praxi sa uplatnili tri spôsoby zobrazovania: pomocou ručného zariadenia (*handheld display*) - napr. smartfón alebo tablet, pomocou náhlavného zariadenia (*headmounted-display*) a za použitia projekcie na povrch reálneho objektu (*projection-based display*).

Interakčné techniky zabezpečujú intuitívne používateľské prostredie a adekvátne reakcie systému. Používateľské vstupy pritom môžu byť vo forme gest, hlasových povelov, prípadne je možné použiť reálny objekt ako ovládací prvok [8].

---

<sup>2</sup>pôvodne použitý angl. termín *overlay*

Pomerne známym zástupcom zariadení pre rozšírenú realitu je zariadenie od spoločnosti Google s názvom Google Glass. Zariadenie v tvare bežných okuliarov, dostupné len počas pomerne krátkeho obdobia (2013 - 2015) [5] dokázalo používateľovi zobrazovať informácie na malom displeji tesne nad pravým okom.

### 1.3 Zmiešaná realita

Zmiešaná realita je najmenej preskúmaný typ umelej reality, pretože je spomedzi trojice VR, AR a MR najmladší. Podobne, ako v prípade rozšírenej reality, ani tu nejestvuje úplna zhoda v definícii.

Podľa [7] existuje šesť spôsobov chápania MR; ich názvy ponechávame v pôvodnom znení:

- *Continuum*
- *Synonym*
- *Collaboration*
- *Combination*
- *Alignment*
- *Strong AR*

Vymenované spôsoby chápania MR sú vysvetlené v nasledujúcich podkapitolách.

#### 1.3.1 Continuum

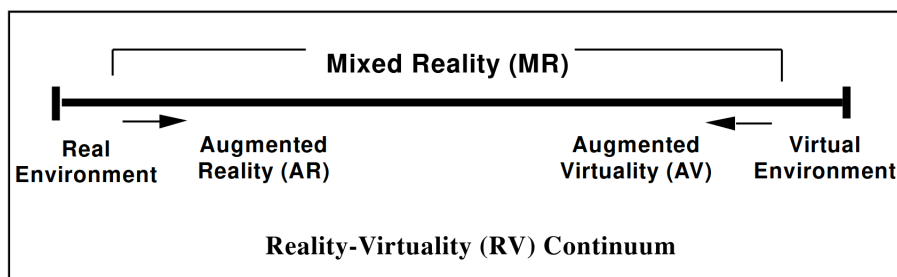
MR je chápané v súlade s RV kontinuum<sup>3</sup>, ktoré je znázornené na obrázku č. 2. V tomto prípade MR predstavuje kombináciu reálnych a virtuálnych objektov v rámci spektra medzi úplne reálnym a úplne virtuálnym svetom. To znamená, že MR môže pozostávať z prevažne skutočného sveta s nejakými virtuálnymi objektmi, alebo môže pozostávať z prevažne virtuálneho sveta za prítomnosti nejakých reálnych predmetov. V rámci tohto kontextu možno chápať VR, ktoré je na okraji spektra, ako súčasť MR.

#### 1.3.2 Synonym

V mnohých článkoch, ktoré autori [7] skúmali, sa používalo MR ako synonymum pre AR. To znamená, že tieto pojmy sa navzájom zamieňali; MR bolo použité na označenie systému, ktorý jednoznačne spadal pod AR, alebo bola použitá definícia AR na popísanie toho, čo niektorí autori skúmaných článkov chápali pod pojmom MR.

---

<sup>3</sup>Reality-Virtuality Continuum



Obr. 2: Zjednodušená reprezentácia RV kontinua [9].

### 1.3.3 Collaboration

Ďalší pohľad vníma MR ako druh spolupráce. V tomto prípade MR predstavuje interakciu medzi rôznymi používateľmi AR a VR, ktorí sa nemusia spoločne nachádzať v jednom priestore. Súčasťou tohto typu MR je rekonštrukcia prostredia, v ktorom sa nachádza používateľ AR, pre druhého používateľa prostredníctvom VR.

### 1.3.4 Combination

V tomto prípade je MR chápané ako kombinácia AR a VR v zmysle systému, ktorý využíva oddelené časti postavené na VR, respektíve AR. Hoci tieto časti medzi sebou dokážu interagovať, nie sú navzájom pevne prepojené; systém prípadne dokáže podľa potreby prepínať medzi AR a VR. Autori [7] uvádzajú ako príklad aplikáciu Pokémon GO, kde samotné chytanie Pokémonov je realizované v AR, zatiaľ čo prehľad mapy je plne virtuálny.

### 1.3.5 Alignment

MR ako zarovnanie prostredí<sup>4</sup> predstavuje synchronizáciu medzi skutočným a virtuálnym prostredím. Takýto systém kombinuje virtuálne a skutočné prvky, vďaka čomu tu nájdeme čiastočný prienik s *Combination*, ale prostredia samotné nemusia nutne byť AR a VR. Podobnosť jestvuje aj s *Collaboration*, ale bez prítomnosti aspektu spolupráce a bez toho, aby boli prostredia fyzicky oddelené. Ako príklad sa uvádza systém prenášajúci pohyb človeka v reálnom svete do plne imerzívneho virtuálneho prostredia prostredníctvom zariadenia Leap Motion Controller.

### 1.3.6 Strong AR

Posledný pohľad na túto problematiku chápe MR ako *silnejšiu* verziu AR. Zmiešaná realita je tu charakterizovaná pokročilým vnímaním prostredia a pokročilými interakciami medzi používateľom a virtuálnymi objektmi, ako aj medzi virtuálnymi objektmi a prostredím. To vytvára predpoklad, že MR závisí na konkrétnom hardvéri alebo zariadení, ktoré dokáže poskytnúť požadovanú funkcionálnosť. Taktiež sa predpokladá, že *obyčajné* AR nemá takéto

<sup>4</sup>z angl. *alignment of environments*, súosovosť

schopnosti, a tým pádom je MR evolúciou AR.

Brigham uvádza, že zmiešaná realita umožňuje používateľovi vidieť reálny, fyzický svet a predmety spoločne s umelými predmetmi, ktoré sú uveriteľné a responzívne. Je to snaha o spojenie toho najlepšieho z virtuálnej a rozšírenej reality. To, čo odlišuje zmiešanú realitu od rozšírenej, je umožnenie vnímania hĺbky a perspektívy; keď sa používateľ v zmiešanej realite vzdiali od nejakého predmetu, tento predmet sa bude javiť menší [5].

Medzi zariadenia, ktoré sprostredkujú zmiešanú realitu, patrí aj Microsoft HoloLens 2, ktorého použitie je predmetom tejto práce.

## 1.4 Microsoft HoloLens 2

Microsoft HoloLens 2 je MR zariadenie, ktoré dokáže fungovať samostatne, bez potreby pripojenia k počítaču. Je to druhá generácia tohto zariadenia spoločnosti Microsoft a ponúka niekoľko zlepšení a zdokonalení oproti svomu predchodcovi. Je postavený na platforme Snapdragon 850 od spoločnosti Qualcomm, ktorá je dostatočne výkonná na to, aby na HoloLense dokázal bežať samostatný operačný systém. Microsoft pre tento headset vytvoril upravenú verziu ich operačného systému Windows 10 pod názvom Windows Holographic OS.



Obr. 3: Headset Microsoft HoloLens 2.

HoloLens 2 využíva na zobrazovanie obrazu dva priehľadné holografické displeje typu LBS, každý s rozlíšením 1440x936 pixelov a obnovovaciu frekvenciou 60 Hz [10]. LBS dokáže poskytnúť široké zorné pole; v spojení s vysokým rozlíšením umožňuje v prostredí používateľa zobraziť hologramy s vysokou úrovňou detailov.

Súčasťou HoloLensu sú taktiež rôzne senzory a kamery, ktoré umožňujú snímať a

vyhodnocovať prostredie, v ktorom sa používateľ práve nachádza [11]. Dáta o prostredí sú získavané pomocou nasledujúceho vybavenia:

- Kamery sledujúce prostredie vo viditeľnom spektre<sup>5</sup>
- Hĺbková kamera
- Farebná kamera
- Pohybové senzory
- Infračervené kamery
- Pole mikrofónov

Štvorica kamier sledujúcich prostredie vo viditeľnom spektre snímajú obraz v škále šedej; ich obraz sa používa na sledovanie pohybu hlavy a vytváranie priestorovej mapy. Hĺbková kamera sníma priestor v dvoch režimoch. Prvý režim sníma priestor rýchlosťou 45 snímok za sekundu a slúži primárne na zaznamenávanie pohybu rúk; presnú vzdialenosť dokáže detegovať približne do jedného metra. V druhom režime, ktorý je určený na priestorové mapovanie, je rýchlosť snímania v rozmedzí jeden až päť snímok za sekundu. V oboch režimoch však kamera dokáže poskytovať obrázky v infračervenom spektre, ktoré nie sú ovplyvnené ambientným svetlom.

Pohybové senzory, ktoré HoloLens používa, sú nasledovné:

- akcelerometer, ktorý sníma zrýchlenie na všetkých osiach,
- gyroskop, ktorý slúži na detekciu rotácie, a
- magnetometer, ktorý pomáha určiť absolútnu orientáciu.

Farebná kamera umožňuje snímať obrázky v rozlíšení 8 megapixelov, alebo natáčať video v rôznych rozlíšeníach. Medzi jej funkcie patrí automatické zaostrovanie, vyváženie bielej, automatické nastavenie expozície a i. Pomocou tejto kamery je možné zaznamenávať MR zážitok a zdieľať ho s ostatnými ľuďmi tak, ako ho vidí používateľ prostredníctvom funkcie Mixed Reality Capture.

Pomocou infračervených kamier zabudovaných v headsete je možné sledovať pohyb očí používateľa. Táto funkcia umožňuje detegovať používateľov pohľad a reagovať naň, vďaka

---

<sup>5</sup>Visible Light Environment Tracking



čomu môže byť MR zážitok intenzívnejší a interakcia s virtuálnym svetom dokáže byť intuitívnejšia. Prostým pohľadom dokáže používateľ presúvať virtuálne objekty, posúvať čítaný text; taktiež je možné sledovať pozornosť používateľa v danom okamihu [12]. Táto funkcia je oproti predchádzajúcej verzii headsetu novinkou.

Prostredníctvom poľa mikrofónov dokáže HoloLens reagovať na hlasové povely, čo v spojení so sledovaním pohybu očí umožňuje efektívne používanie headsetu aj bez použitia rúk.

## 1.5 Vývoj aplikácií pre Microsoft HoloLens 2

Microsoft vývojárom poskytuje MRTK (Mixed Reality Toolkit), čo je multiplatformová knižnica, ktorá významne urýchľuje a zjednodušuje prácu vývojárov pri tvorbe aplikácií pre umelú realitu. Prostredníctvom tejto knižnice je možné rýchle prototypovanie aplikácií za použitia rôznych UI/UX nástrojov, predpripravených šablón objektov (napr. tlačidiel) a hotových príkladov aplikácií [13]. Kód slúžiaci na interakciu s objektami, prostredím a senzormi headsetu je písaný v jazyku C#.

MRTK je dostupný pre populárny herný engine Unity. Unity je dostupné bezplatne pre osobné použitie, čo robí takýto vývoj prístupný širokému spektru záujemcov. Ďalšou možnosťou je použitie Unreal Engine, pre ktorý existuje samostatná verzia MRTK.

Okrem HoloLens 2 je podporovaných niekoľko ďalších zariadení, napr. Meta Quest [14]. Takztiež sú podporované platformy postavené na platforme iOS a Android. Jednou z výhod multiplatformovosti je aj jednoduchý prenos aplikácie napísanej pre pôvodnú verziu HoloLens na verziu 2. Rovnako sa dá veľká časť programu otestovať na jednom zariadení, a na ostatných zariadeniach, s ktorými sa pri vývoji počíta, sa už len doladujú špecifické detaily.

Na to, aby dokázal vývojár otestovať svoju aplikáciu, nemusí mať prístup k headsetu ako takému. Nástroj s názvom HoloLens Emulator umožňuje odskúšanie takejto aplikácie na počítači, pričom vstupy sú simulované pomocou myši, klávesnice, prípadne ovládača Xbox. Pre použitie v emulátore nie je nutné aplikáciu žiadnym spôsobom upravovať. Pohyb v priestore je ovládaný rovnako, ako v typickej počítačovej hre (klávesy W, A, S a D), pohybom myši sa simuluje pohyb rúk a hlavy [15].

# Záver

Záver bude tu.

# Zoznam použitej literatúry

1. SUTHERLAND, Ivan E. The Ultimate Display. In: *Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing (IFIP)*. 1965, zv. 2, s. 506–508. Dostupné tiež z: <https://my.eng.utah.edu/~cs6360/Readings/UltimateDisplay.pdf>.
2. SCHMALSTIEG, D. a HÖLLERER, Tobias. *Augmented Reality: Principles and Practice*. Boston: Addison-Wesley, 2016. Addison-Wesley Usability and HCI Series. ISBN 978-0-321-88357-5.
3. SUTHERLAND, Ivan E. A Head-Mounted Three Dimensional Display. In: *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I on - AFIPS '68 (Fall, Part I)* [online]. San Francisco, California: ACM Press, 1968, s. 757 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z DOI: 10.1145/1476589.1476686.
4. KRUEGER, Myron W., GIONFRIDDO, Thomas and HINRICHSEN, Katrin. VIDEO-PLACE - an Artificial Reality. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '85* [online]. San Francisco, California, United States: ACM Press, 1985, s. 35–40 [cit. 2023-01-11]. ISBN 978-0-89791-149-8. Dostupné z DOI: 10.1145/317456.317463.
5. BRIGHAM, Tara J. Reality Check: Basics of Augmented, Virtual, and Mixed Reality. *Medical Reference Services Quarterly* [online]. 2017, vol. 36, no. 2, s. 171–178 [cit. 2023-01-10]. ISSN 0276-3869, ISSN 1540-9597. Dostupné z DOI: 10.1080/02763869.2017.1293987.
6. ANGELOV, Vladislav, PETKOV, Emiliyan, SHIPKOVENSKI, Georgi a KALUSHKOV, Teodor. Modern Virtual Reality Headsets. In: *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* [online]. Ankara, Turkey: IEEE, 2020, s. 1–5 [cit. 2023-01-25]. ISBN 978-1-72819-352-6. Dostupné z DOI: 10.1109/HORA49412.2020.9152604.
7. SPEICHER, Maximilian, HALL, Brian D. and NEBELING, Michael. What Is Mixed Reality? In: *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* [online]. Glasgow Scotland Uk: ACM, 2019, s. 1–15 [cit. 2023-01-10]. ISBN 978-1-4503-5970-2. Dostupné z DOI: 10.1145/3290605.3300767.

8. CHEN, Ke and XUE, Fan. The Renaissance of Augmented Reality in Construction: History, Present Status and Future Directions. *Smart and Sustainable Built Environment* [online]. 2022, vol. 11, no. 3, s. 575–592 [cit. 2023-01-15]. ISSN 2046-6099. Dostupné z DOI: 10.1108/SASBE-08-2020-0124.
9. MILGRAM, Paul, TAKEMURA, Haruo, UTSUMI, Akira a KISHINO, Fumio. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. In: DAS, Hari (ed.) [online]. Boston, MA, 1995, s. 282–292 [cit. 2023-01-25]. Dostupné z DOI: 10.1117/12.197321.
10. *Microsoft HoloLens 2: Full Specification* [online]. Microsoft HoloLens 2: Full Specification. [cit. 2023-01-29]. Dostupné z : <https://vr-compare.com/headset/microsofthololens2>.
11. *Advancing the MR Experience with HoloLens 2 Research Mode* [online]. Advancing the MR Experience with HoloLens 2 Research Mode. [cit. 2022-01-29]. Dostupné z : [https://www.valoremreply.com/post/hololens\\_research\\_mode/](https://www.valoremreply.com/post/hololens_research_mode/).
12. *Eye Tracking on HoloLens 2* [online]. Eye tracking on HoloLens 2. [cit. 2023-01-29]. Dostupné z : <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/design/eye-tracking>.
13. REPLY, Valorem. *3 Ways Microsoft Mixed Reality Tool Kit Saves Time and Money* [online]. 3 Ways Microsoft Mixed Reality Tool Kit Saves Time and Money. [cit. 2023-02-01]. Dostupné z : <https://www.valoremreply.com/post/mrtk/>.
14. MICROSOFT. *What Is Mixed Reality Toolkit 2?* [online]. What is Mixed Reality Toolkit 2? [Cit. 2023-02-01]. Dostupné z : <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/?view=mrtkunity-2022-05>.
15. MICROSOFT. *Using the HoloLens Emulator* [online]. Using the HoloLens Emulator. [cit. 2023-02-01]. Dostupné z : <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/develop/advanced-concepts/using-the-hololens-emulator>.

# Prílohy