

Vývoj AR modulárního systému pro rozšíření výstavních exponátů za pomoci engine Unity

Ondřej Krúpčik

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav informatiky a umělé inteligence

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Ondřej Krupčík
Osobní číslo: A21268
Studijní program: B0613A140020 Softwarové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Vývoj AR modulárního systému pro rozšíření výstavních exponátů za pomoci engine Unity
Téma práce anglicky: Development of an AR Modular System for Exhibit Augmentation Using the Unity Engine

Zásady pro vypracování

1. Nastudujte a popište nástroje a rozšiřující pluginy pro vývoj aplikací v rozšířené realitě pro engine Unity.
2. Vyberte vhodný, nedestruktivní způsob detekce exponátů v rozšířené realitě.
3. Vyberte tři vzorové exponáty, jejichž rozšíření následně implementujete.
4. Navrhněte systém modulárních bloků, kterými bude možné exponáty rozšiřovat.
5. Otestujte implementované řešení na zvolené platformě.
6. Vytvořte Unity package s jednoduchou dokumentací, který bude možné importovat do engine.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. MOREY, Sean a TINNELL, John (ed.). *Augmented reality: innovative perspectives across art, industry, and academia*. Anderson: Parlor Press, [2017]. ISBN 9781602355569.
2. SCHMALSTIEG, Dieter a HÖLLERER, Tobias. *Augmented reality: principles and practice*. Addison-Wesley usability and HCI series. Boston: Addison-Wesley, [2016]. ISBN 9780321883575.
3. OKITA, Alex. *Learning C# programming with Unity 3D*. Second edition. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2020]. ISBN 978-1-138-33681-0.
4. PEDDIE, Jon. *Augmented reality: where we will all live*. Cham: Springer, [2017]. ISBN 9783319545011.
5. HOLAN, Tomáš. *Unity: první seznámení s tvorbou počítačových her*. CZ.NIC. Praha: CZ.NIC, z.s.p.o., 2020. ISBN 978-80-88168-57-7.
6. GREENGARD, Samuel. *Virtual reality*. The MIT Press essential knowledge series. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, [2019]. ISBN 978-0-262-53752-0.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Štěpán Dlabaja**
Ateliér Průmyslový design

Datum zadání bakalářské práce: **5. listopadu 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2024**



doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan

prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., DBA v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 5. ledna 2024

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.
- Prohlašuji, že při tvorbě této práce jsem použil nástroj generativního modelu AI [ChatGPT; <https://chat.openai.com>] za účelem Vyhledání informací. Po použití tohoto nástroje jsem provedl kontrolu obsahu a přebírám za něj plnou zodpovědnost.

Ve Zlíně, dne

Krúpčik Ondřej v. r.
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vývoj modulárního systému rozšířen reality (AR) pro obohacení výstavních exponátů prostřednictvím herního enginu Unity. Práce zkoumá různé nástroje a rozšiřující pluginy pro Unity, Zaměřuje se na výběr neinvazivních metod detekce exponátů a navrhuje modulární bloky pro jejich augmentaci. Jsou vybrány tři reprezentativní exponáty, u kterých je AR aplikace implementována a testována. Výsledkem je Unity package s jednoduchou dokumentací, který je připraven k importu do enginu a dalšího využití. Práce klade důraz na snadnou integraci a adaptabilitu systému pro různé typy exponátů a uživatelských scénářů.

Klíčová slova: Rozšířená realita, Unity, AR modulární systém, detekce exponátů, augmentace exponátů, Unity plugin

ABSTRACT

The objective of this bachelor thesis is the development of a modular augmented reality (AR) system for the enveloping of exhibition exhibits through the Unity game engine. The thesis explores various tools and augmentation plug-ins for Unity, focuses on the selection of non-invasive methods for exhibit detection and proposes modular blocks for exhibit augmentation. Three representative exhibits are selected for which the AR application is implemented and tested. The result is a Unity package with simple documentation that is ready for import into the engine and further use. The work emphasizes the easy integration and adaptability of the system for different types of exhibits and user scenarios.

Keywords: augmented reality, Unity, AR modular system, exhibit detection, exhibit augmentation, Unity plugin

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

Obsah

I	OBSAH	7
II	ÚVOD.....	9
III	I.	10
IV	TEORETICKÁ ČÁST	10
V1	ÚVOD DO ROZŠÍŘENÉ REALITY	11
1.1	DEFINICE ROZŠÍŘENÉ REALITY.....	11
1.2	HISTORIE A VÝVOJ AR.....	12
1.2.1	RANÁ LÉTA	12
1.2.2	VYLEPŠENÉ VIZUÁLNÍ SYSTÉMY.....	12
1.2.3	ZROZENÍ POJMU.....	12
1.2.4	RONALD T. AZUMA A DEFINICE AR	13
1.2.5	PRŮLOM V SLEDOVÁNÍ POHYBU	13
1.2.6	ROZVOJ MOBILNÍ AR	13
1.2.7	INTEGRACE S UMĚLOU INTELIGENCÍ (AI) A STROJOVÝM UČENÍM	13
1.2.8	SMĚŘOVÁNÍ K ROZŠÍŘENÉ BUDOUCNOSTI.....	14
1.2.9	PRAKTICKÉ APLIKACE A POKROK	14
1.2.10	SOUČASNÝ STAV AR.....	15
1.3	DEFINICE REALIT	15
1.3.1	ROZŠÍŘENÁ REALITA	15
1.3.2	VIRTUÁLNÍ REALITA.....	16
1.3.3	SMÍŠENÁ REALITA	16
1.4	BUDOUCNOST ROZŠÍŘENÉ REALITY.....	17
1.4.1	TRENDY A VÝVOJ	17
1.4.2	VÝZVY A PŘEKÁŽKY	18
VI	2 PŘEHLED ENGINU UNITY	20
2.1	CO PŘEDSTAVUJE UNITY	20
2.2	ROLE A VÝZNAM UNITY VE VÝVOJI HER A AR APLIKACÍ.....	20
2.3	VÝHODY POUŽÍVÁNÍ UNITY PRO AR.....	20

VII	3 NÁSTROJE A ROZŠIŘUJÍCÍ PLUGINY PRO AR V UNITY	22
3.1	AR FOUNDATION	22
3.2	VUFORIA ENGINE	23
3.3	EASYAR	24
3.4	AR MARS (MIXED AND AUGMENTED REALITY STUDIO)	25
VIII	4 METODY DETEKCE EXPONÁTŮ V ROZŠÍŘENÉ REALITĚ	27
4.1	MARKER-BASED	27
4.1.1	QR KÓDY A IMAGE TARGETS	29
4.2	MARKER-LESS	29
4.2.1	3D OBJECT RECOGNITION	29
4.2.2	SLAM (SIMULTANEOUS LOCALIZATION AND MAPPING)	30
IX	5 VÝBĚR A ANALÝZA VZOROVÝCH EXPONÁTŮ	31
5.1	VÝBĚR EXPONÁTŮ	31
5.2	DETEKCE EXPONÁTŮ	32
XII.	33	
XI	PRAKTICKÁ ČÁST	33
XII	6 NÁVRH SYSTÉMU MODULÁRNÍCH BLOKŮ	34
6.1	KONCEPT MODULÁRNÍCH BLOKŮ	34
6.1.1	ROZŠÍŘENÍ DÁVKOVAČE MÝDLA	34
6.1.2	ROZŠÍŘENÍ MIXÉRU	34
6.1.3	ROZŠÍŘENÍ HMOŽDÍŘE	34
6.2	VÝVOJ APLIKACE	35
6.2.1	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	35
6.2.2	VÝVOJ APLIKACE	36
XIII	7 TESTOVÁNÍ IMPLEMENTOVANÉHO ŘEŠENÍ	41
7.1	ZPŮSOB TESTOVÁNÍ	41
XIV	8 VYTVOŘENÍ UNITY PACKAGE	42
8.1	PROCES VYTVÁŘENÍ	42
8.1.1	DOKUMENTACE PRO UNITY BALÍČKU PRO AUGMENTED REALITY APLIKACI	42
XV	ZÁVĚR	44
XVI	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
XVII	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	50
XVIII	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
XIX	SEZNAM PŘÍLOH	52

ÚVOD

Na vysoké škole jsem se poprvé pořádně setkal s počítačovou grafikou v prvním ročníku, když jsem si zapsal předmět A2MPG – moderní počítačová grafika. Tento kurz mi otevřel dveře do světa grafiky, který jsem do té doby neznal. Přestože bych neřekl, že grafika je moje životní vášeň, stala se pro mě tématem, které mě zaujalo a kterému chci lépe porozumět.

Vybral jsem si téma bakalářské práce v oblasti rozšířené reality, protože cítím, že tato technologie má velký potenciál pro budoucnost. Práce s rozšířenou realitou a vývojovým prostředím Unity pro mě bude nová výzva. Chci se ponořit do studia AR a získat důležité znalosti, které mi pomohou v budoucí kariéře. Nejde o to vytvořit revoluční projekt, ale o to, abych se naučil něco nového a položil si dobré základy pro moji další práci.

S nadšením se pouštím do práce na projektu, který spojuje rozšířenou realitu s interaktivními exponáty. Věřím, že AR může výstavám a učení přidat nový rozměr a já chci být součástí tohoto rozvoje. Přestože jsem v oboru nováček, očekávám, že mi práce na této bakalářské práci poskytne cenné zkušenosti a stane se pevným základem pro moji budoucí kariéru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO ROZŠÍŘENÉ REALITY

1.1 Definice rozšířené reality

Rozšířená realita (AR) představuje inovativní technologii, která propojuje digitální svět s fyzickou realitou, a tím vytváří zcela novou vrstvu interakce a zkušeností. Tato technologie překlenuje propast mezi virtuálním a reálným tím, že do našeho skutečného okolí vkládá digitální objekty a informace, které mohou být vizualizovány na displeji mobilního zařízení nebo speciálních AR brýlích. Využití AR sahá od jednoduchého překrytí textových popisků nad reálné objekty až po složité scény, kde holografické projekce interagují s reálným světem.[6]

Jednou z klíčových charakteristik AR je její schopnost spojit digitální a fyzický svět. Uživatelé nejsou izolováni od svého okolí jako ve virtuální realitě, ale jsou povzbuzováni k interakci s reálným prostředím, které je obohaceno o digitální data a objekty. Toto propojení umožňuje například muzeím prezentovat historické artefakty společně s interaktivními, digitálními informacemi, které oživují historii přímo před očima návštěvníka.[7]

Další nezbytnou vlastností AR je interakce v reálném čase. Technologie AR umožňuje uživatelům okamžitě reagovat na změny v digitálním obsahu a naopak, což vede k vytvoření dynamického a poutavého prostředí. To může zahrnovat manipulaci s 3D modely, změny v digitálním obsahu založené na uživatelské poloze nebo dokonce spuštění specifických akcí na základě uživatelských gest.

Posledním rozhodujícím prvkem AR je přesná 3D identifikace a zarovnání virtuálních a reálných objektů. Pokročilé AR systémy jsou vybaveny schopností detekovat polohu a orientaci fyzických objektů ve světě a následně umístit digitální prvky do prostorového kontextu s vysokou mírou přesnosti. To umožňuje, aby virtuální objekty byly vnímány jako součást našeho reálného prostředí. Například, v muzeu může být k historickému artefaktu přidán virtuální model, který ukazuje jeho původní použití nebo stav. Návštěvníci mohou poté procházet kolem exponátu a interaktivní AR prvek si zachová svou pozici vůči reálnému objektu, čímž získají hlubší porozumění a spojení s exponátem. Tento způsob by mohl zvýšit zájem lidí o exponáty skrze zábavnější způsob prohlídky.[7]

Tento sofistikovaný stupeň integrace mezi digitálními a fyzickými prvky je klíčový pro budoucí využití AR ve výstavnictví, vzdělávání, průmyslu i v běžném životě. AR nabízí nejen nový způsob, jak zobrazit informace a obsah, ale také přináší nové možnosti pro interaktivní zážitky a vzdělávání, které byly dříve nemožné.[1]

1.2 Historie a vývoj AR

Rozšířená realita (AR) představuje významný technologický pokrok, jenž průběžně ovlivňuje řadu průmyslových odvětví. Tato kapitola poskytuje přehled o klíčových milnících historie AR a jejich významu.

1.2.1 Raná léta

Historie AR se datuje až do 60. let 20. století, kdy Ivan Sutherland, společně se svým studentem Bobem Sproullem, vytvořil první head-mounted display (HMD) nazvaný "Sword of Damocles". Tento systém, považovaný za průkopnický ve své době, umožňoval uživatelům vizualizovat jednoduché virtuální objekty v reálném prostoru, přestože byl omezen svou hmotností a velikostí. Tento vynález představoval základní kámen pro budoucí vývoj v oblasti AR, ztělesňující vizionářskou představu interakce s digitálním obsahem přímo v našem fyzickém světě. [2][8]

1.2.2 Vylepšené vizuální systémy

V 80. letech došlo k významnému pokroku v oblasti AR díky rozvoji pokročilejších grafických a vizuálních systémů. Jedním z příkladů je vývoj VPL Research, společnosti založené Jaronem Lanierem, která vyvinula některé z prvních HMD a dataglove zařízení. Tato technologie poskytla uživatelům pohlcující zkušenost s virtuální realitou (VR) a položila základy pro budoucí integraci s AR.[13][14]

1.2.3 Zrození pojmu

Pojem "rozšířená realita" byl oficiálně zaveden Tomem Caudellem ve společnosti Boeing v raných 90. letech, když vyvíjel software usnadňující montážní procesy tím, že pracovníkům

poskytoval vizuální průvodce kabelovými trasami. Tento krok zdůraznil potenciál AR jako nástroje pro zlepšení efektivity a přesnosti v komplexních průmyslových procesech, signalizující možnost širšího uplatnění AR mimo akademické a výzkumné kontexty. [3]

1.2.4 Ronald T. Azuma a definice AR

Ronald T. Azuma je jednou z klíčových postav ve vývoji AR. Jeho rozsáhlé studie a průzkumy významně přispěly k definici AR jako technologie kombinující reálný a virtuální svět, která je interaktivní v reálném čase a zobrazuje informace v trojrozměrném prostoru. Azumova práce poskytla pevný teoretický základ pro pochopení a rozvoj AR technologií, zpřesňující vizi a směr, kterým by se měla AR ubírat. [4]

1.2.5 Průlom v sledování pohybu

Počátkem 21. století technologie AR zažila další významný pokrok díky vylepšením v oblasti sledování pohybu a počítačového vidění. Vývoj ARToolkit, otevřeného softwaru pro sledování markerů, umožnil snadnější a přesnější umístování virtuálních objektů do reálného světa. Tato technologie umožnila vývojářům snadněji vytvářet AR aplikace, čímž se značně rozšířilo využití AR v praxi.[1][5]

1.2.6 Rozvoj mobilní AR

S nástupem chytrých telefonů a tabletů s pokročilými kamerami a procesory došlo k explozi aplikací mobilní AR. Platformy jako ARKit od Apple a ARCore od Google umožnily vývojářům vytvářet AR zážitky, které mohou využívat miliony uživatelů na svých zařízeních. To vedlo k rozšíření AR aplikací v oblastech jako maloobchod, turistika a sociální média, kde uživatelé mohou interagovat s rozšířeným obsahem přímo prostřednictvím svých telefonů.[12]

1.2.7 Integrace s umělou inteligencí (AI) a strojovým učením

Nedávný pokrok v AR je spojen s integrací umělé inteligence a strojového učení, což umožňuje vytváření ještě sofistikovanějších a přizpůsobivějších AR zážitků. Tyto technologie umožňují AR systémům lépe rozumět kontextu a interakcím uživatelů, což zvyšuje jejich

schopnost poskytovat relevantní informace a podporovat přirozenější interakce s virtuálními objekty. Příkladem může být použití AR pro vylepšení nakupování v maloobchodě, kde AI může doporučovat produkty nebo poskytovat personalizované informace zákazníkům.[6][7]

1.2.8 Směřování k rozšířené budoucnosti

S pokračujícím vývojem technologií jako 5G, cloud computing a pokročilé snímače se otevírají nové možnosti pro AR, včetně bezproblémové integrace s internetem věcí (IoT), což umožňuje vytváření ještě bohatších a pohlcujících zážitků. Tento trend naznačuje, že AR se bude nadále vyvíjet a rozšiřovat svůj vliv napříč odvětvími, od zdravotnictví po výrobu a vzdělávání, čímž otevírá dveře pro nové inovace a způsoby, jakými interagujeme s naším světem.[1][6]

1.2.9 Praktické aplikace a pokrok

Vybral jsem si tři témata, které jsou jedny z mnoha, kde se AR používá a značně pomáhá v mnoha aspektech.

AR ve vzdělávání oživuje učební obsah a umožňuje interaktivní zapojení do učení. Studenti mohou například pomocí tabletů nebo chytrých telefonů interaktivně prozkoumávat 3D modely lidského těla ve výuce biologie, nebo vizualizovat fyzikální principy v reálném čase. VR headsety s AR schopnostmi jsou používány například pro virtuální procházka po historických místech. Používání AR ve výuce může mít výhodu v lepším pochopení témat a lepší zapamatování informací. Nevýhody hlavně z počátku mohou být rozptylování pozornosti kvůli své novosti a možnými technickým obtížím. Dlouhodobé výsledky ukazují, že studenti, kteří AR používají, si uchovávají vědomosti lépe než ti, kteří využívají tradiční média.[17]

Muzea využívají AR pro zvýšení interaktivního a edukativního aspektu expozic. Návštěvníci mohou pomocí tabletů nebo speciálních aplikací na svých smartphonech získat rozšířené informace o exponátech, případně se podívat na rekonstrukce historických scén. Výhodou je, že AR přináší nový rozměr zážitků a pomáhá s lepší vizualizací a pochopením. Naopak nevýhodou může být technologická bariéra pro některé návštěvníky a potenciální přetížení smyslů příliš mnoha informacemi. [19]

V armádě AR slouží především k tréninkovým účelům a simulacím, které vojákům poskytují realistické zkušenosti bez reálného rizika. AR zařízení jako jsou head-up displeje (HUD) v pilotních přilbách nebo taktické AR brýle umožňují vojákům vidět informace o misi a bojišti přímo před svými očima. Hlavní výhodou je bezpečnost a účinnost tréninku, zatímco nevýhodou jsou vysoké náklady a složitost integrace do vojenských systémů. [18]

1.2.10 Současný stav AR

V současné době je AR široce využívána v různých průmyslových odvětvích, od údržby a oprav přes zdravotnictví až po vzdělávání a uplatnění v armádě. Rozvoj 5G sítí a dalších technologií podporuje růst významu AR tím, že umožňuje rychlejší a plynulejší komunikaci, nezbytnou pro efektivní využití AR aplikací v real-time prostředí.[9][15]

1.3 Definice realit

V posledních letech došlo k významnému technologickému pokroku v oblastech rozšířené (AR), virtuální (VR) a smíšené reality (MR). Tyto technologie umožňují interakci uživatelů s digitálními informacemi a rozšiřují hranice našeho vnímání.

1.3.1 Rozšířená realita

Pojem rozšířené reality (AR) je často definován jako systém, který splňuje tři základní vlastnosti: kombinace reálného a virtuálního, interaktivita v reálném čase a registrace v 3D. Důležité je říct, že na definici AR je spousta pohledů, které se od sebe liší. Jednou z nejčastěji citovaných definicí AR je ta od Ronalda Azumy, který v roce 1997 ve svém průzkumném článku popsal AR

"Augmented Reality (AR) combines real and computer-generated images in a real environment, runs interactively in real time, and registers (aligns) real and virtual objects with each other"[4]

Tato definice zdůrazňuje tři vlastnosti technologie AR, které ji odlišují od ostatních forem virtuální reality. První odlišnost je kombinace reálného a virtuálního světa dále to je interakce v reálném čase a přesná 3D registrace virtuálních a reálných objektů.

Dle mého názoru by se rozšířená realita neměla zaměřovat pouze o aplikování překrývání obrazu, ale je také o vytvoření ucelené smíšené reality, která zahrnuje víc než vizuální zážitek, proto se z mého pohledu hodí definovat rozšířenou realitu, jako to definoval ve své knize Handbook of Augmented reality autor Borivoj Furth.

„Augmented Reality (AR) refers to a live view of physical real world environment whose elements are merged with augmented computer-generated images creating a mixed reality. The augmentation is typically done in real time and in semantic context with environmental elements. By using the latest AR techniques and technologies, the information about the surrounding real world becomes interactive and digitally usable“ [20]

1.3.2 Virtuální realita

Virtuální realita (VR) představuje technologii, kde je uživatel izolován od reálného světa a ponořen do úplně nového, počítačem vytvořeného prostředí. Toho se dosahuje pomocí VR headsetů, které uživatele obklopuje 360 °scénami a reaguje na pohyby hlavy a těla. Uživatel v rámci VR může interagovat s virtuálním prostředím v reálném čase.[5]

Abychom porovnali technologie AR a VR proti sobě, tak AR obohacuje náš reálný svět o digitální informace, objekty a další interaktivní prvky. Dále AR nepředělává celé naše prostředí do digitálního, ale pouze přidává k němu digitální vrstvu, což umožňuje, aby byla reálná a virtuální data vnímána současně.[6]

1.3.3 Smíšená realita

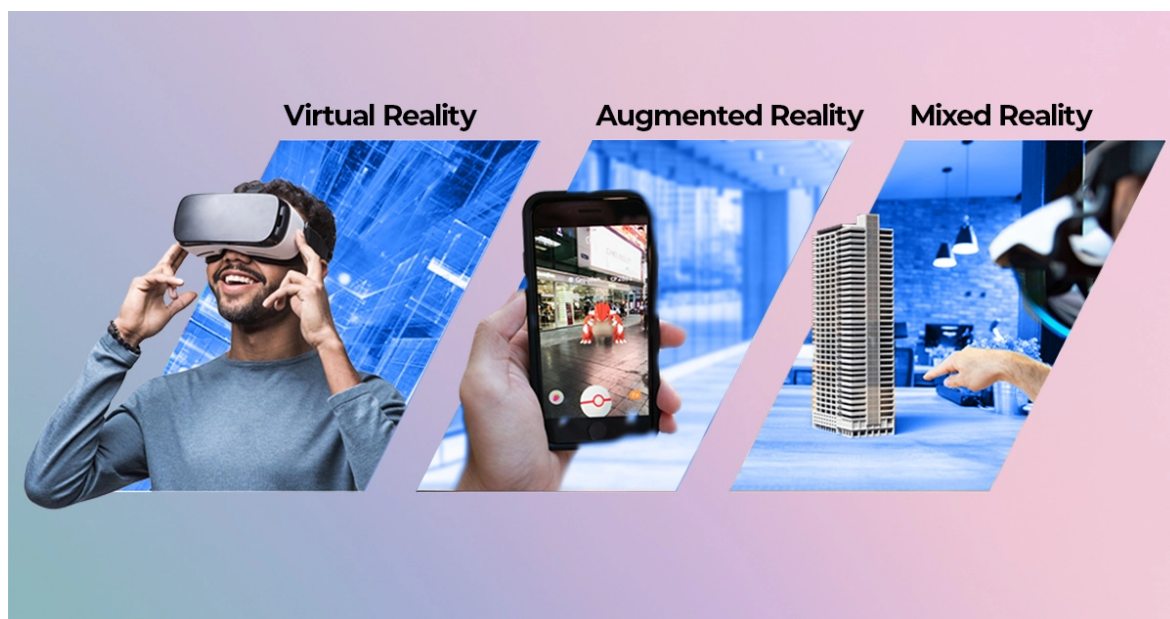
Smíšená realita (MR), která je často popisována jako pokročilá forma rozšířené reality (AR), spojuje prvky reálného světa s digitálně vytvořenými objekty, což uživatelům umožňuje interakci s oběma typy objektů ve společném zorném poli. Technologie MR nabízí vizuálně poutavý zážitek, posiluje ho dalšími sensorickými vstupy, jako jsou zvuk, hmat. [10]

Vizuální aspekt MR je jeho nejzásadnější částí, protože náš mozek nejvíce spoléhá na vizuální informace pro interakci s okolním světem. Zařízení MR jako Microsoft HoloLens, nebo

Meta Quest 3 poskytuje bohaté vizuální prostředí s hologramy a 3D objekty, které se mohou objevit v reálném prostoru.[5][6]

Co se týče sluchového smyslu, MR zařízení často používají prostorový zvuk nebo 3D audio efekty, které posilují pocit přítomnosti. Zvuk je prostorově umístěn tak, aby odpovídal vizuálním objektům v MR zážitku, což uživatelům umožňuje lokalizovat zdroj zvuku v prostoru kolem sebe.[21]

Haptic feedback neboli zpětná vazba na dotek, je ve smíšené realitě zprostředkováván prostřednictvím technologií jako jsou sledování rukou, nebo různými senzory, které v kombinaci s ovladačem, nebo jinými pomůckami reagují na dotek a vytváří zpětnou vazbu pomocí tlaku nebo nějaké odezvy, čímž dále zvyšují pocit realismu a přítomnosti.[22]



Obrázek 1. Porovnání realit [5]

1.4 Budoucnost rozšířené reality

1.4.1 Trendy a vývoj

Vzhledem k technologickému pokroku v oblasti rozšířené reality (AR) a souběžnému vývoji v technologiích jako jsou 5G, umělá inteligence (AI) a cloud computing, dochází k výrazným změnám v integraci a funkčnosti AR. Tyto technologie nejenže rozšiřují možnosti AR, ale také umožňují její komplexnější, spolehlivější a efektivnější využití v různých odvětvích.

Technologie 5G má klíčový význam pro AR, neboť díky vysoké rychlosti přenosu dat a zejména díky nízké latenci umožňuje 5G zpracovávat obrovské objemy dat téměř bez zpoždění. To je nezbytné pro aplikace, které vyžadují okamžité překrytí dat a interakci v reálném čase, jako je telechirurgie ve zdravotnictví, kde AR poskytuje instrukce a zpětnou vazbu okamžitě a bez zpoždění. Vyšší propustnost 5G také umožňuje více současných připojení, což je klíčové pro AR aplikace umožňující spolupráci více uživatelů, jako jsou týmové vzdělávací programy nebo multiplayerové AR hry. [41]

Umělá inteligence hraje zásadní roli v rozvoji AR tím, že poskytuje chytřejší překrytí a lepší porozumění kontextu a prostoru. Algoritmy strojového učení dokážou analyzovat prostředí a chování uživatelů, čímž dynamicky optimalizují a personalizují obsah AR. Například v maloobchodě mohou AI podporované AR aplikace nabízet produkty na základě fyzických vlastností zákazníků zaznamenaných kamerou, což zlepšuje nákupní zážitek.[25]

Cloud computing pak umožňuje, aby se AR zařízení nemusela spoléhat pouze na svůj vlastní výpočetní výkon, ale využívala i výpočetní kapacitu cloudových serverů. To vede k větší škálovatelnosti a komplexnějším AR zážitkům bez nutnosti náročného hardwaru přímo na zařízeních uživatelů. K tomu přispívá i edge computing, který zpracovává data blíže uživatelům, což dále snižuje latenci a zvyšuje rychlost reakce AR aplikací.[26][42]

Všechny tyto technologie společně umožňují, aby se AR stala integrální součástí našich každodenních životů, a to od průmyslu až po zábavu. Díky neustálému vývoji těchto technologií se otevírá stále více možností, jak využít AR k revoluci v mnoha oblastech.

1.4.2 Výzvy a překážky

Navzdory slibným pokrokům v oblasti AR přetrvává několik výzev a překážek, které by mohly bránit jejímu širokému přijetí a rozvoji. Tyto problémy se týkají technické, společenské a regulační oblasti.

1.4.2.1 Technické výzvy

Současná zařízení rozšířené reality se často potýkají s problémy, jako je omezená výdrž baterie, nedostatečné rozlišení displeje a mohutný design, což může snižovat uživatelský zážitek a praktickou použitelnost.[25]

Trh s rozšířenou realitou je roztržštěný, zahrnující řadu platforem a standardů. Tato nedostatečná kompatibilita mezi různými systémy a zařízeními pro rozšířenou realitu ztěžuje vývoj aplikací, které by byly univerzálně použitelné. Toto představuje další významnou překážku.

1.4.2.2 Společenské výzvy

Aplikace AR často vyžadují přístup k osobním údajům a možnost sledování v reálném čase, což vyvolává značné problémy se soukromím. Shromažďování a analýza dat prostřednictvím zařízení AR může vést k jejich potenciálnímu zneužití nebo neoprávněnému přístupu k nim. [25]

Přijetí zařízení AR uživateli může ovlivnit spousta aspektů, například nošení headsetu na veřejnosti a dezorientace, nebo nepohodlí způsobené dlouhodobým používáním. Zajištění přirozené a pohodlné užívání je pro dlouhodobé přijetí klíčové. [25]

1.4.2.3 Regulační a etické výzvy

V současné době existuje mezera v regulačních rámcích specificky přizpůsobených pro AR. Problémy, jako je bezpečnost dat, soukromí uživatelů a práva na digitální obsah v aplikacích AR, potřebují jasnější předpisy na ochranu uživatelů i vývojářů. [25][16]

AR může manipulovat s realitou způsobem, který může narušit hranici mezi skutečným a virtuálním světem, což vede k etickým problémům. Například změna něčího vzhledu nebo okolí bez jeho souhlasu může mít morální důsledky. [25]

Tyto překážky je třeba řešit prostřednictvím multidisciplinárních přístupů zahrnujících technologický pokrok, design zaměřený na uživatele a aktivní regulační opatření. Překonáním těchto výzev může rozšířená realita naplnit svůj potenciál.

2 PŘEHLED ENGINU UNITY

2.1 Co představuje Unity

Unity je komplexní vývojové prostředí určené pro tvorbu interaktivního obsahu neboli multiplatformní herní engine vyvinutý společností Unity Technologies, který byl poprvé představen a vydán v červnu 2005 na Apple Worldwide Developers Conference. Tento engine lze použít v různých průmyslových odvětvích, včetně videoher, filmu a automobilového průmyslu, a je známý svou 3D platformou v reálném čase, která umožňuje tvůrcům vyvíjet interaktivní 3D obsah v reálném čase. [27][29]

2.2 Role a význam Unity ve vývoji her a AR aplikací

Ve videoherním průmyslu Unity používá mnoho nezávislých vývojářů a vývojářů her k vytváření a podpoře svých her, včetně populárních titulů jako Pokémon Go, Monument Valley, Call of Duty: Mobile, Beat Saber. Unity je známý pro své snadné použití, výkonné funkce a kompatibilitu mezi platformami, díky čemuž je oblíbenou volbou pro vývojáře zaměřující se na různé platformy, jako jsou PC, konzole, mobilní zařízení a platformy VR/AR. [27][29] Unity není jen herní engine, ale také integrované vývojové prostředí (IDE), které poskytuje vývojářům přístup ke všem nástrojům, které potřebují k vytváření her a interaktivních zážitků. Obsahuje vizuální editor pro manipulaci s prvky přetažením, navigaci ve složkách projektu, tvorbu animací pomocí nástroje časové osy a podporu pro různé editory kódování, jako je Visual Studio. [28]

2.3 Výhody používání Unity pro AR

Unity využívá jazyk C# jako svůj hlavní programovací nástroj. C# je ideální pro začínající programátory díky své jednoduchosti a současně je populární v celém softwarovém průmyslu. Tato kombinace umožňuje vývojářům snadno se zapojit do vytváření různorodých aplikací a her. [43]

Unity také nabízí bohatý Asset Store, který je skvělým zdrojem pro vývojáře. V tomto digitálním obchodě lze nalézt širokou škálu předpřipravených prvků, jako jsou vizuální efekty, systémy ovládání, nebo hotové vymodelované objekty. To vývojářům umožňuje více se soustředit na kreativní aspekty svých projektů, než aby museli vynakládat čas na programování běžně dostupných funkcí. [28]

Unity se rozšířilo i mimo svět videoher a našlo uplatnění i v dalších oblastech, včetně filmového průmyslu a výroby automobilů. Díky své schopnosti zpracovávat 3D obsah v reálném čase, byla tato platforma využita pro tvorbu filmů, jako jsou "Adam" a "Baymax Dreams", a dokonce i pro scénické pozadí ve filmu "Lví král". Automobiloví výrobci využívají Unity například k modelování detailních prototypů vozidel ve virtuální realitě, k simulaci montážních linek a ke školení pracovníků. [27]

Unity, jako celek je všestranný a výkonný nástroj pro vytváření interaktivního 3D obsahu v reálném čase v různých odvětvích, se silným zaměřením na usnadnění práce tvůrcům.

3 NÁSTROJE A ROZŠÍŘUJÍCÍ PLUGINY PRO AR V UNITY

Nástroje a rozšiřující pluginy pro AR v Unity slouží k vytváření rozšířené reality (AR) aplikací, které poskytují uživatelům interaktivní a vizuálně obohacené zkušenosti ve virtuálním prostředí. Tyto užitečné prvky umožňují vývojářům vložit digitální objekty a informace do reálného světa prostřednictvím kamerového záznamu. Rozšiřující pluginy, jako jsou ARKit pro iOS a ARCore pro Android, poskytují pokročilé funkce pro sledování pohybu, odhad hloubky, rozpoznávání povrchů a interakci s digitálními objekty v reálném čase. Díky těmto nástrojům mohou vývojáři vytvářet aplikace, které například umožňují uživatelům virtuálně zařizovat domovy, interagovat s 3D modely vzdělávacího obsahu, nebo si vyzkoušet oblečení v rozšířené realitě.

3.1 AR Foundation

AR Foundation je oficiální framework společnosti Unity pro tvorbu aplikací rozšířené reality. Je navržen tak, aby byl multiplatformní, což umožňuje vývoj AR aplikací, které lze nasadit jak na zařízeních iOS, tak Android. AR Foundation působí jako vrstva, která abstrahuje platformně specifické detaily a poskytuje vývojářům sjednocené API pro práci, čímž usnadňuje tvorbu AR obsahu bez nutnosti řešit rozdíly v základních systémech.[30]

Zde je přehled pozitivních vlastností AR Foundation. Foundation umožňuje vývojářům vytvořit jejich AR aplikace jednou a nasadit je na iOS pomocí ARKit a Android pomocí ARCore se stejným zdrojovým kódem. Foundation nadále odporuje jak polohové sledování, které hlídá pozici zařízení v prostoru, tak rotační sledování, které kontroluje orientaci zařízení. AR Foundation dokáže detekovat horizontální a vertikální roviny v prostředí, což je zásadní pro umístění objektů ve skutečném světě. Dále umožňuje vytváření kotvicích bodů ve skutečném světě, ke kterým lze připojit AR obsah, zajišťující, že virtuální obsah zůstává na místě, když se pohybujete. Další vlastností, kterou umí je rozpoznat a reagovat na obrázky a objekty ve skutečném světě, což umožňuje interaktivní AR zážitky. Zahrnuje i funkce pro detekci a sledování lidských obličejů, což umožňuje zážitky jako virtuální zkoušení nebo filtry pro obličej. Umí odhadnout světelné podmínky skutečného světa, aby podobně osvětlil virtuální objekty, čímž je činí přirozenějšími. Některá zařízení podporují informace o hloubce, které lze využít pro okluzi, díky čemuž mohou virtuální objekty vypadat, že jsou před nebo za skutečnými objekty. [30]

Mezi nevýhody používání AR Foundation patří variabilita kvality AR zážitků, která závisí na technických specifikacích konkrétního uživatelského zařízení. Starší modely zařízení často nejsou schopné využít všechny funkce nabízené tímto frameworkem. Dalším problémem je zpoždění ve zpřístupňování nových funkcí, které může nastat, protože aktualizace pro ARKit nebo ARCore se mohou objevit dříve než jejich integrace do AR Foundation. Toto může vývojáře, kteří chtějí implementovat nejnovější a nejpokročilejší funkce, donutit k návratu k nativním SDK. Navíc použití jakékoli abstrakční vrstvy může snižovat výkon systému, což vede k většímu výkonnostnímu zatížení ve srovnání s přímým používáním nativních SDK. Přestože je AR Foundation navrženo pro adaptabilitu a uživatelskou přívětivost, jeho efektivita může být omezena schopnostmi zařízení, na kterých funguje, a rychlým pokrokem v technologiích rozšířené reality. [30][12]

Myslím si, že i přes své nevýhody zůstává AR Foundation populární právě mezi vývojáři, kteří chtějí vytvářet AR zážitky díky jeho schopnostem napříč platformami a silné podpoře od Unity.

3.2 Vuforia Engine

Vuforia Engine je rozsáhlá vývojářská sada pro tvorbu aplikací rozšířené reality především pro zařízení telefonů, tabletů a brýlí. Tento nástroj poskytuje vývojářům technologie pro vytváření AR zážitků díky pokročilým funkcím počítačového vidění. Vuforia umožňuje aplikacím interpretovat a poznávat svět okolo sebe pomocí vizuální identifikace, sledování a analýzy prostředí. Se svými sofistikovanými schopnostmi rozpoznávání obrazů a cílů, Vuforia umožňuje s vysokou přesností umisťovat virtuální objekty do reálného světa.[31]

Právě díky schopnosti počítačového vidění poskytuje Vuforia Engine uživatelům plynulé a realistické AR zážitky. Platforma integruje VuMarks, unikátní kombinaci rozpoznávání obrazů a čárových kódů, které umožňují zakódování dat a fungují jako specifické AR cíle pro každou aplikaci. [31]

Jednou z klíčových funkcí je prodloužené sledování, které umožňuje uživatelům pokračovat v AR zážitku i když sledovaný objekt není přímo v zorném poli kamery. Toto prodloužené sledování společně s podporou pro různé typy sledovacích cílů, včetně válcových objektů a virtuálních tlačítek, vytváří komplexní a poutavý uživatelský zážitek. Kromě toho, Vuforia

umožňuje flexibilní ukládání dat buď lokálně na zařízení, nebo v cloudu, což zvyšuje přizpůsobivost platformy pro různé vývojové scénáře. [31]

Platforma také disponuje funkcí Smart Terrain, která generuje trojrozměrné mapy prostředí v reálném čase, zlepšuje interakce mezi virtuálními a reálnými prvky a poskytuje uživatelům unikátní zážitky. Navzdory těmto výhodám, Vuforia Engine přichází s několika nevýhodami, včetně vyšších nákladů na licencování, což může být limitující pro nezávislé vývojáře a malé startupy. Nutno podotknout, že spousta nástrojů je dostupná zadarmo. Dále rozsáhlé funkce vyžadují značné výpočetní zdroje, což může ovlivnit výkon na méně výkonných zařízeních. Komplexnost platformy může být také náročná pro nováčky ve vývoji AR, a závislost na internetovém připojení pro některé cloudové služby může omezit použitelnost aplikací v offline prostředích. [31]

Přestože jsou tyto nevýhody významné, použití Vuforia s Unity a její široké možnosti využití ji činí oblíbenou volbou mezi vývojáři, kteří hledají efektivní řešení pro tvorbu AR aplikací.

Díky její jednoduchosti a ideálními nástroji jsem si zvolil tento engine pro mou praktickou část práce.

3.3 EasyAR

EasyAR je nástroj pro vývoj aplikací rozšířené reality, který je navržen tak, aby byl dostupný a použitelný pro široké spektrum vývojářů, od začátečníků až po odborníky. Nabízí škálu funkcí, od základního sledování obrazů až po složité techniky prostorového mapování. Tento nástroj je vytvořen s ohledem na to, aby zjednodušil proces vstupu do světa tvorby AR obsahu a snížil tak bariéry, které by mohly vývojáře odradit od práce v tomto vzrušujícím a rychle se rozvíjejícím odvětví.[32]

SDK EasyAR je plně kompatibilní s Unity, což znamená, že vývojáři mohou bez problémů začlenit funkce EasyAR přímo do svých projektů v Unity. Tato propojení umožňuje vývojářům využít známé prostředí Unity a rozšířit jejich aplikace o propracovanější AR funkce, které EasyAR poskytuje.[32]

EasyAR, jakožto nástroj pro rozvoj aplikací rozšířené reality, nabízí vývojářům širokou škálu možností a funkcí, které jsou přístupné napříč mnoha platformami. Díky podpoře Androidu, iOS, UWP, Mac a Windows, je distribuce aplikací možná na širokou škálu zařízení,

což zajišťuje flexibilitu a rozšíření dosahu aplikací vytvořených v EasyAR. S jeho schopnostmi sledování obrazů a objektů lze vytvářet poutavé a interaktivní AR zážitky, které jsou klíčové pro uživatelskou zapojení. Technologie SLAM přináší uživatelům hladké a realistické interakce, ať už se jedná o interiérové nebo exteriérové prostředí. Přidání schopnosti interakce s 3D objekty pak aplikacím dodává ještě větší hloubku a realismus, zatímco integrovaná funkce nahrávání obrazovky umožňuje uživatelům snadno zachytit a sdílet své zkušenosti.[32]

Nicméně, EasyAR stojí také před některými výzvami, které mohou ovlivnit vývojářské rozhodování. Bezplatná verze SDK může být omezená v některých funkcích, což vyžaduje nákup plné verze pro přístup ke kompletním nástrojům, což může být pro některé vývojáře finančně náročné. Pokročilé funkce, jako je SLAM, také kladou vyšší nároky na hardware, a mohou tak omezovat výkon na starších nebo méně výkonných zařízeních. Kromě toho, menší velikost komunity může znamenat, že zdroje a podpora mohou být méně dostupné, což může zkomplikovat řešení problémů a vývoj. Dokumentace, i když je funkční, nemusí být dostatečně podrobná pro nové nebo složité funkce, což může vést k větší učební křivce pro vývojáře. Přes tyto výzvy, EasyAR zůstává ceněným nástrojem v arzenálu vývojářů Unity díky jeho přístupnosti a širokému rozsahu aplikací.[32]

EasyAR je ceněn pro svou přístupnost a široké možnosti použití, zvláště v kontextu Unity, což vývojářům umožňuje realizovat ambiciózní AR projekty. Nicméně, je důležité, aby vývojáři pečlivě zvážili omezení tohoto nástroje v kontextu specifických požadavků a cílů jejich projektu.

3.4 AR Mars (Mixed and Augmented Reality Studio)

Jedná se o rozšíření Unity, které poskytuje vývojářům sadu nástrojů pro vytváření interaktivnějších a adaptabilnějších aplikací smíšené reality (MR) a rozšířené reality (AR). MARS je postaven na platformě Unity a je navržen tak, aby fungoval s AR Foundation, čímž rozšiřuje schopnosti Unity v oblasti AR o další funkce.

Klíčové funkce MARS zahrnují simulované testovací prostředí, které umožňuje vývojářům testovat AR zkušenosti v simulovaném prostředí v Unity, aniž by museli neustále testovat na fyzickém zařízení. Dále responzivní design ulehčuje tvorbu AR zkušeností, které se v reálném čase přizpůsobují prostředí uživatele, a přizpůsobují se různým velikostem, tvarem

a podmínkám fyzických prostor. Pravidly řízené tvorba poskytuje systém založený na pravidlech pro umístování a interakci s objekty v AR, což usnadňuje návrh složitých chování a interakcí. Záznam dat nabízí možnost zaznamenávat a přehrávat relace s reálnými daty pro doladění a ladění AR zkušeností.[33]

Výhody MARS zahrnují poskytování silného prostředí pro stavbu a testování AR aplikací, které jsou vnímavé ke kontextu a mohou se přizpůsobit široké škále scénářů ve fyzickém světě. Simulační schopnosti mohou výrazně snížit čas vývoje a zlepšit kvalitu AR zážitku. Na druhou stranu, jako pokročilý nástroj může MARS představovat náročnější křivku učení pro vývojáře, kteří jsou v oblasti AR nováčky. Rozšíření je také prémiové, což znamená, že si ho vývojáři musí koupit, což by mohlo být překážkou pro menší týmy nebo jednotlivé vývojáře s omezeným rozpočtem.[33]

MARS je sofistikovaným doplněním nástrojů Unity pro AR, které posiluje tvůrce při vytváření AR zážitků, jež jsou hluboce integrovány a reagují na fyzický svět. Je zvláště užitečný pro projekty, které vyžadují vysokou míru adaptability a interaktivity v AR.

4 METODY DETEKCE EXPONÁTŮ V ROZŠÍŘENÉ REALITĚ

Rozšířená realita nabízí dvě základní techniky pro detekci a interakci s objekty v reálném světě. První metoda založena na markerech a druhá je metoda bez markerů. Zatímco marker-based AR vyžaduje předem definované vizuální kódy pro aktivaci digitálního obsahu, markerless AR metody využívají sofistikované algoritmy pro analýzu a porozumění fyzickému prostoru bez nutnosti jakýchkoliv vizuálních pomůcek. Technologie jako SLAM umožňují markerless AR detekovat a mapovat prostředí v reálném čase, což otevírá dveře pro aplikace, jako jsou interaktivní hry a nástroje pro domácí dekorace, kde mohou uživatelé umísťovat virtuální objekty kamkoli ve svém prostoru.

V kontextu efektivní detekce exponátů však metoda založená na markerech často nabízí významné výhody. Její schopnost rychlé a přesné lokalizace je obzvláště cenná v prostředích, kde je potřeba zachovat kontextovou souvislost mezi exponátem a informacemi o něm. Například v muzeích nebo na výstavách mohou marker-based systémy poskytnout návštěvníkům okamžité informace o uměleckých dílech nebo artefaktech pouhým zaměřením na specifický marker. Tento přístup značně usnadňuje interakci s exponáty. [11][7]

4.1 Marker-based

Marker-based AR, známý také jako rozpoznávání obrázků, využívá kameru pro identifikaci a sledování vizuálních markerů nebo obrázků, které mohou být od jednoduchých vzorů až po složité obrazy. Tyto markery jsou předem definované a známé aplikaci rozšířené reality. Jakmile AR systém prostřednictvím kamery zařízení rozpozná tyto markery, aktivuje digitální obsah, který se vizuálně překryje s reálným světem na pozadí markeru.[35]

Markery musí být vytvořené s vysokým kontrastem a snadno rozlišitelnými detaily, aby byly kamerou snadno detekovatelné. Umístění a orientace markeru jsou klíčové pro určení přesné lokace a měřítka digitálního obsahu ve scéně, což umožňuje AR systému přesně umístit digitální objekty v reálném světě. Tato metoda je ideální pro prostředí, kde je možné markery předem umístit, jako jsou muzea nebo vzdělávací materiály, což zajišťuje kontrolu nad tím, kde a jak se digitální obsah objeví. [35]

V praxi se toto používá například v muzeích, kde může mít každý artefakt svůj odpovídající marker. Když návštěvníci namíří své AR zařízení na tento marker, mohou se na obrazovce

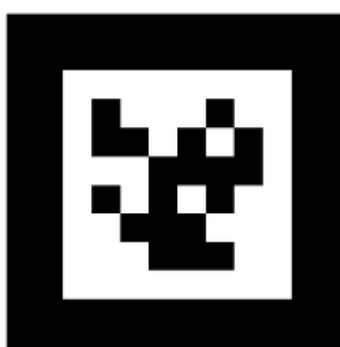
objevit další informace nebo vizualizace, které rozšiřují jejich poznání o exponátu. Právě tento typ a využití se později v práci objeví v praktické části mé práce. Další aplikací jsou vzdělávací knihy, kde stránky obsahují markery, a když jsou skenovány, zobrazí se 3D modely nebo další multimediální obsah, což zvyšuje interaktivitu a edukační hodnotu těchto materiálů.[7] [43]



(a) Augmented Reality application running on a smart-phone



(b) Template Marker



(c) Bar-code Marker



(d) Circular Marker

Obrázek 2. Ukázka značek pro marker-based [34]

4.1.1 QR Kódy a Image Targets

QR kódy jsou druh dvourozměrného čárového kódu, který může být skenován kamerou na chytrých zařízeních. Po skenování může QR kód odkázat uživatele na webovou stránku, aktivovat stažení aplikace, nebo dokonce přímo spustit specifické AR zážitky. Tento typ kódu je velmi oblíbený díky své jednoduchosti ve vytvoření, schopnosti uchovat velké množství informací a také vysoké rychlosti čtení. QR kódy jsou často využívány v marketingu pro propojení fyzických produktů s digitálním obsahem a poskytují efektivní způsob, jak zapojit uživatele do interaktivních AR aplikací.[36]

Image targets jsou taky vizuální markery, jsou specifické obrázky nebo vzory, které AR systémy rozpoznávají a používají jako referenční body pro umístění digitálního obsahu v reálném světě. Může to být jakýkoliv obrázek s vysokým kontrastem a jasnými rysy, které jsou snadno rozpoznatelné kamerou. Po identifikaci image targetu AR aplikace překryje tento obrázek digitálními modely nebo animacemi. Image targets jsou často používány v muzeích, tiskovinách nebo na vzdělávacích materiálech, kde mohou obohatit fyzické objekty o doplňující digitální informace.[36]

Využití QR kódů a image targets v AR přináší nové možnosti pro interaktivitu a zapojení uživatelů, ať už jde o reklamu, vzdělávání nebo zábavu. Obě techniky umožňují snadnou a rychlou aktivaci AR zážitků, ale každá z nich se hodí pro různé scénáře a aplikace v závislosti na konkrétních požadavcích projektu nebo zážitku.

4.2 Marker-less

Spoléhá na rozpoznání fyzických prvků v prostředí (např. podlahy, stěny) nebo na rozpoznání specifických objektů pomocí pokročilého zpracování obrazu a senzorů zařízení. Využití této metody je vhodná pro aplikace, které mají být používány v různých prostředích bez potřeby předchozí přípravy prostoru. Umožňuje flexibilnější a dynamičtější zážitky. Nevýhodou je, že v prostředích s omezeným osvětlením, nebo nedostatkem výrazných orientačních bodů může být méně přesná než marker-based metody.[11]

4.2.1 3D Object Recognition

Rozpoznávání 3D objektů v rozšířené realitě (AR) umožňuje uživatelům interagovat s digitálními 3D modely, které jsou asociovány s reálnými objekty. Tento proces začíná

skenováním fyzického 3D objektu v reálném světě, po kterém je k němu připojen virtuální 3D model. Když je toto spojení navázáno, mohou uživatelé manipulovat s hmatatelnými objekty a prozkoumat nebo rozebrat jejich komponenty podle svého uvážení. [38]

Technologie za rozpoznáváním 3D objektů v AR je komplexní, ale zjednodušeně řečeno, proces probíhá v několika krocích. Prvním krokem je generování obrazu objektu pomocí kamery telefonu nebo tabletu a uložení charakteristických deskriptorů, které pomáhají identifikovat referenční obraz. Následně AR software rozpozná objekt ve skutečném světě prostřednictvím bodů. Kamera nachází shody mezi referenčním a snímaným obrazem. Jakmile je objekt rozpoznán skrze identifikovatelné uspořádání bodů, digitální model je umístěn do scény. Uživatelé pak mohou s 3D digitálním objektem interaktivně manipulovat.[37]

Jedním z hlavních výzev pro AR rozpoznávání objektů je přesnost, neboť je zásadní pro zarovnání virtuálního obsahu s objekty ve skutečném světě. Dalším výzvám je rychlost a efektivita zpracování v reálném čase, protože pomalé zpracování může způsobit zpoždění a zhoršení uživatelské zkušenosti. Tato technologie je klíčová pro široké spektrum aplikací v AR, včetně vzdělávání, hraní her, zdravotnictví a dalších.[38]

4.2.2 SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

SLAM je metoda, která umožňuje robotům a jiným zařízením vytvářet mapu prostředí a zároveň se v ní lokalizovat. Tato funkce je realizována pomocí různých algoritmů a výpočtů, a také díky senzorickým datům z kamer, LiDARu a dalších senzorů. SLAM nachází uplatnění v mnoho odvětvích, jako jsou robotické vysavače, přes automobily a drony, až po použití v těžebních operacích. Jde o komplexní řešení, které bylo v uplynulém desetiletí intenzivně zkoumáno, a existuje mnoho softwarových řešení a algoritmů, které lze v systémech založených na SLAM implementovat v závislosti na konkrétním prostředí, účelu použití a dalších technologiích. Dvě klíčové komponenty většiny systémů SLAM jsou měření vzdálenosti a odhad polohy. Měření vzdálenosti je zařízení nebo nástroj umožňující zařízení sledovat a měřit své okolí, zatímco odhad polohy je proces, který určuje polohu a orientaci zařízení v prostoru. Aplikace SLAM jsou různorodé, zahrnují čisticí roboty, autonomní vozidla a zařízení pro těžbu.[39]

5 VÝBĚR A ANALÝZA VZOROVÝCH EXPONÁTŮ

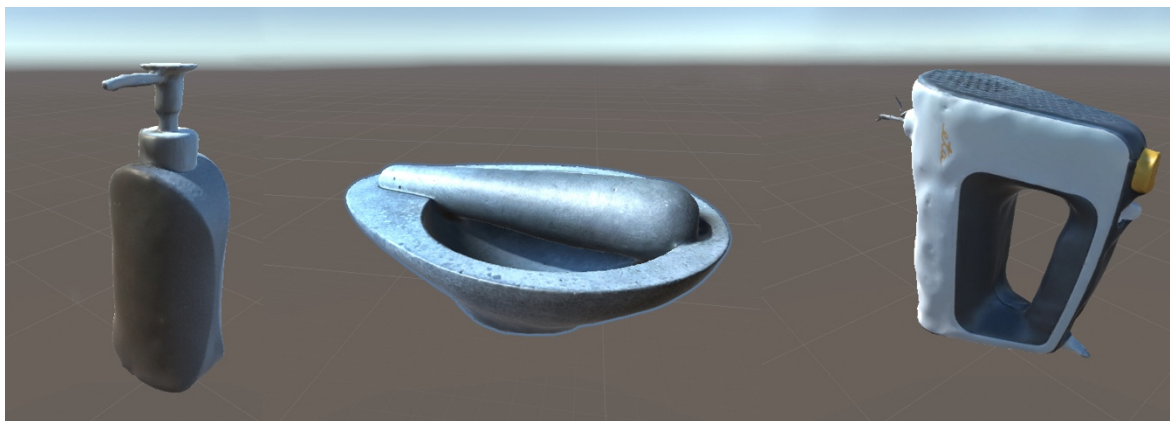
V této kapitole se zaměřuji na popis procesu, kterým jsem procházel při výběru exponátů pro mou bakalářskou práci. Podrobně vysvětlím, jakými kritérii jsem se řídil při výběru a jakým způsobem jsem exponáty analyzoval.

5.1 Výběr exponátů

Proces výběru exponátů byl pečlivý a promyšlený. Pod dohledem mého vedoucího práce jsem měl přístup k různorodým objektům na Fakultě multimediálních komunikací. Ve speciálně vyhrazených ateliérech jsem mohl vybírat ze širokého spektra uměleckých i funkčních modelů. Prioritou bylo vybrat takové exponáty, s nimiž lze interaktivně pracovat a které by díky své praktičnosti mohly být efektivně integrovány do konceptu modulárních bloků.

Z mnoha možností jsem vybral tři konkrétní exponáty a to:

1. Dávkovač na mýdlo – příklad každodenního užitkového předmětu s moderním estetickým a funkčním významem.
2. Hmoždíř – tradiční nástroj pro ruční zpracování surovin, který reprezentuje spojení funkcionalismu a historie.
3. Ruční mixér – přístroj ukazující mechanickou interaktivitu a design



Obrázek 3. Přehled exponátů

Tyto exponáty byly vybrány s ohledem na jejich interakční potenciál a možnost přizpůsobení do modulárních bloků, které jsou klíčovým prvkem mé práce. Naskenované modely mi byli užitečné právě při praktické části abych si lépe vizualizoval vzhled, a velikost exponátů a mohl lépe vytvořit jejich rozšíření.

5.2 Detekce exponátů

Proces skenování jsem prováděl v prostředí s optimálními světelnými podmínkami, což bylo klíčové pro zajištění, že výsledné modely budou co nejpřesnější. Každý exponát byl umístěn na stůl, kde bylo denní světlo z blízkého okna, a poté byl exponát skenován ze všech úhlů. Tato metoda umožnila detailní zachycení tvarů a povrchových textur exponátů, což bylo zásadní pro následnou analýzu a následné představy o jaké modulární bloky mohou být exponáty rozšířeny.

Během skenování jsem narazil na několik technických problémů, zejména při zachycení lesklých kovových povrchů, jako byly metličky ručního mixéru. Zde došlo kvůli jejich odleskům k nepřesnostem. Tento problém je známý při použití LiDARu, jelikož odrazivé povrchy mohou vést k rozptylu laserových paprsků, což vede k nepřesnostem digitálního modelu. Přestože tento nedostatek mírně ovlivnil přesnost modelů, získané 3D modely jsou stále velmi dobrou reprezentací většiny fyzických charakteristik exponátů a jsou plně funkční pro účely mé práce.

Aplikace Kiri Engine, kterou jsem použil pro skenování, je nástroj vyvinutý pro přesné 3D skenování. Využívá fotogrammetrie, nebo LiDAR technologii, kterou jsem si já vybral. LiDAR se nachází v novějších modelech chytrých telefonů, což umožní uživatelům vytvářet digitální kopie fyzických objektů s vysokou mírou detailu. Aplikace je navržena tak, aby byla intuitivní a snadno ovladatelná, a umožňuje rychlé skenování objektů bez potřeby speciálního vybavení. Právě faktory, jako výběr způsobu skenování a výběr aplikace na použití byly důležité pro efektivitu a rychlost mého pracovního postupu při výběru a analýze exponátů. [40]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 NÁVRH SYSTÉMU MODULÁRNÍCH BLOKŮ

Pro vývoj aplikace s rozšířenou realitou byla zvolena platforma Unity rozšířená o Vuforia Engine. Tento výběr byl motivován zejména potřebou efektivní integrace AR funkcionalit a kompatibility s iOS, což bylo cílové zařízení. Důraz byl kladen na užitečnost a vhodnost aplikace pro každý exponát, přičemž hlavním cílem bylo, aby rozšíření přinášela reálnou hodnotu a zlepšovala interakci uživatelů s exponáty a současně, aby byla technicky realizovatelná.

6.1 Koncept modulárních bloků

6.1.1 Rozšíření dávkovače mýdla

Pro dávkovač mýdla byly navrženy vizuální prvky, které intuitivně objasňují jeho použití. Byly přidány animace šipky a kapky, které jasně ukazují, kde uživatel má dávkovač zmáčknout a odkud mýdlo vyteče. Tyto prvky pomáhají uživatelům lépe pochopit mechanismus dávkovače a poskytují interaktivní zážitek při jeho zkoumání.

6.1.2 Rozšíření mixéru

U mixéru byla implementována funkcionalita výběru metliček, která uživatelům umožňuje interaktivně měnit komponenty zařízení podle účelu použití, ať už pro šlehání nebo hnětení. Tato interaktivita nejen zvyšuje praktickou hodnotu, ale také poskytuje vizuální zpětnou vazbu, jak různé metličky vypadají a fungují na zařízení.

6.1.3 Rozšíření Hmoždíře

Pro hmoždíř byl vytvořen systém kombinující edukativní texty a volitelné interaktivní prvky. Po rozpoznání markeru se zobrazí krátký popis historie hmoždíře, což přináší historický kontext. Uživatelé mají možnost spustit video návod nebo animaci demonstrující použití hmoždíře, což podporuje hlubší pochopení jeho historie a funkce.

Tento koncept modulárních bloků je ideální pro zvolené objekty, protože umožňuje uživatelům interaktivní zapojení, čímž zvyšuje edukativní hodnotu a zábavný aspekt. Interaktivní

a vizuální prvky jsou klíčové pro poskytování bohatého uživatelského zážitku a pro hlubší porozumění prezentovaným objektům.




6.2 Vývoj aplikace

6.2.1 Přípravné práce

Na oficiálních stránkách Unity unity.com a stránkách Vuforia developer.vuforia.com byla provedena bezplatná registrace. Z těchto stránek byly staženy nejnovější verze softwarů a software Unity byl nainstalován do počítače.

Na stránkách Vuforia Developer Portal, konkrétně v sekci "Develop", byla vytvořena databáze obsahující tři obrázkové cíle. Tyto cíle při rozpoznání vyvolávají příslušná rozšíření exponátů. Jak je vidět na obrázku databáze, každý marker má určité hodnocení rozpoznatelnosti. Toto hodnocení je založeno na několika faktorech, včetně kontrastu, komplexnosti a množství jedinečných bodů na obrázku, které lze snadno sledovat. Mé výsledné hodnocení není vysoké, což může ovlivnit stabilitu a přesnost sledování markeru v různých světelných podmínkách a úhlech pohledu.

Přestože hodnocení není ideální, pro účely této bakalářské práce jsou tyto markery dostatečné. Hlavním důvodem je, že demonstrují základní principy fungování rozšířené reality a umožňují testování AR funkcí v kontrolovaném prostředí bez potřeby vysoce komplexních a robustních markerů. V průběhu testování byly tyto markery efektivní a poskytly potřebné informace pro kontrolu navržených AR funkcí.

<input type="checkbox"/>	Image	Target Name	Type	Rating ⓘ	Status ▾
<input type="checkbox"/>		hmozdirmarker	Image	★ ★ ☆ ☆ ☆	Active
<input type="checkbox"/>		mixermarker	Image	★ ★ ☆ ☆ ☆	Active
<input type="checkbox"/>		01ab9db8-b313-4176-a2e1-553b40de01a8	Image	★ ★ ★ ☆ ☆	Active

Obrázek 4. Databáze mých markeru

6.2.2 Vývoj aplikace

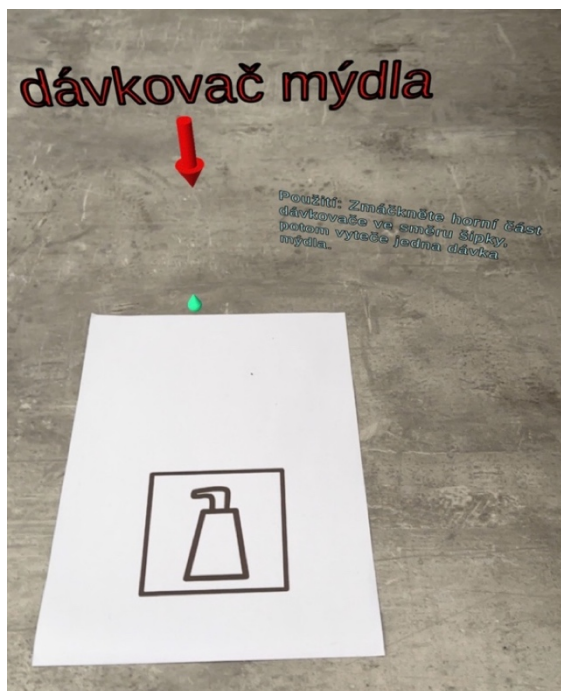
V rámci přípravy projektu byla do Unity integrována Vuforia Engine, což umožnilo využití pokročilých funkcí pro rozšířenou realitu. Po úspěšné instalaci balíčku byly nastavení projektu upravena tak, aby dodržela specifika cílové platformy, V mém případě iOS. Součástí konfigurace bylo aktivování podpory pro Vuforia Augmented Reality, které je nezbytné pro správnou funkcionalitu aplikace v rámci rozpoznávání a interakce s virtuálními objekty.

6.2.2.1 Postup pro dávkovač mýdla

V další kroku byl do projektu přidán Image Target, což je klíčový prvek pro správnou funkcionalitu aplikace rozšířené reality. Tento target byl získán z již zmiňované databáze výše, což umožnilo jeho rychlou a efektivní integraci do scény. Specifikace targetu byla vybrána tak, aby odpovídala vizuálním požadavkům projektu a byla kompatibilní s dalšími vizuálními prvky aplikace.

Po nastavení Image Targetu pro dávkovač mýdla v Unity se přešlo pro samotné rozšíření objektů. Pro zvýšení interaktivnosti a uživatelské přívětivosti byly k Image Targetu přidány různé vizuální a textové elementy. Textové popisky byly implementovány pomocí komponenty TextMeshPro, která umožňuje vysokou kvalitu a dobrou čitelnost textu. Klíčovou součástí rozšíření bylo přidání animovaných modelů šipky a kapky, které jsem původně vytvořil v Blenderu. Tyto modely byly navrženy tak, aby vizuálně podporovaly instrukce uvedené v textu, s šipkou ukazující směr, kterým je třeba zmáčknout dávkovač, a kapkou demonstrující, odkud mýdlo vyteče z dávkovače.

Každý z těchto animovaných objektů byl přidán jako potomek Image Targetu v Unity hierarchii scény, což zajišťovalo, že se objeví pouze v okamžiku, kdy je marker pro dávkovač mýdla rozpoznán.



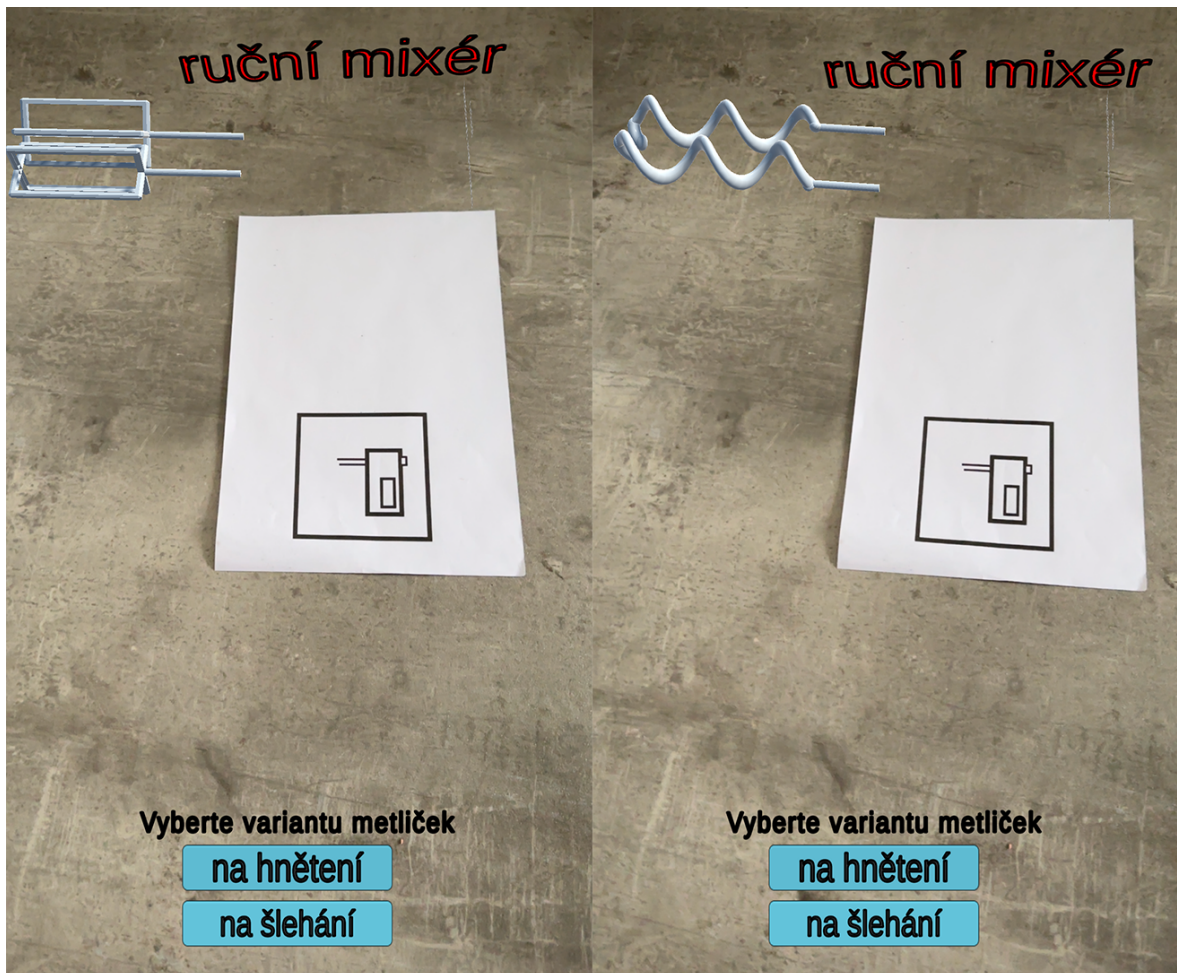
Obrázek 5. ukázka rozšíření dávkoavače mýdla

Výsledná scéna byla následně testována v aplikaci unity na mém mobilním zařízení, kde bylo ověřeno, že všechny elementy fungují správně a že animace jsou synchronizované s detekcí Image Targetu.

6.2.2.2 Postup pro ruční mixér

Pro exponát ručního mixéru byl postup obdobný jako u dávkoavače mýdla, začínaje přidáním Image Targetu do scény Unity. Specifický marker byl přiřazen k mixéru a funguje jako vizuální spouštěč, který při detekci spustí zobrazení augmentovaného obsahu. Po úspěšném nastavení Image Targetu byl nad mixér umístěn nadpis pro jeho jasné identifikaci, dobře viditelný vždy, když byl marker detekován. Oproti dávkoavači mýdla byly u mixéru implementovány interaktivní prvky, konkrétně uživatelská tlačítka na Canvasu, která umožňují měnit typy metliček mixéru. V Blenderu byly modelovány dva typy metliček: jedny pro hnětení a druhé pro šlehání, které byly následně exportovány ve formátu kompatibilním s Unity a importovány do projektu. Ve scéně Unity bylo vytvořeno uživatelské rozhraní, obsahující tlačítka na Canvasu naprogramovaná tak, aby reagovala na kliknutí uživatele. Script, ObjectSwitcher, připojený k tlačítkům umožňuje aktivaci a deaktivaci GameObjectů v závislosti na stisknutém tlačítku. Když uživatel stiskne tlačítko pro hnětení, metoda

ShowHneteni() se spustí, aktivuje GameObjecty spojené s hnětením a deaktivuje ty pro šlehání. Opačný postup platí pro metodu ShowSlehani(), kde po stisku tlačítka pro šlehání se aktivují objekty pro šlehání a deaktivují ty pro hnětení.



Obrázek 6. Varianty rozšíření mixéru

Tento přístup nejen zvyšuje interaktivitu exponátu, ale také umožňuje uživatelům lépe pochopit, jak mixér funguje a jak se liší jednotlivé metličky. Interaktivita v reálném čase a prostředí tak přidává další rozměr k zážitku z aplikace rozšířené reality.

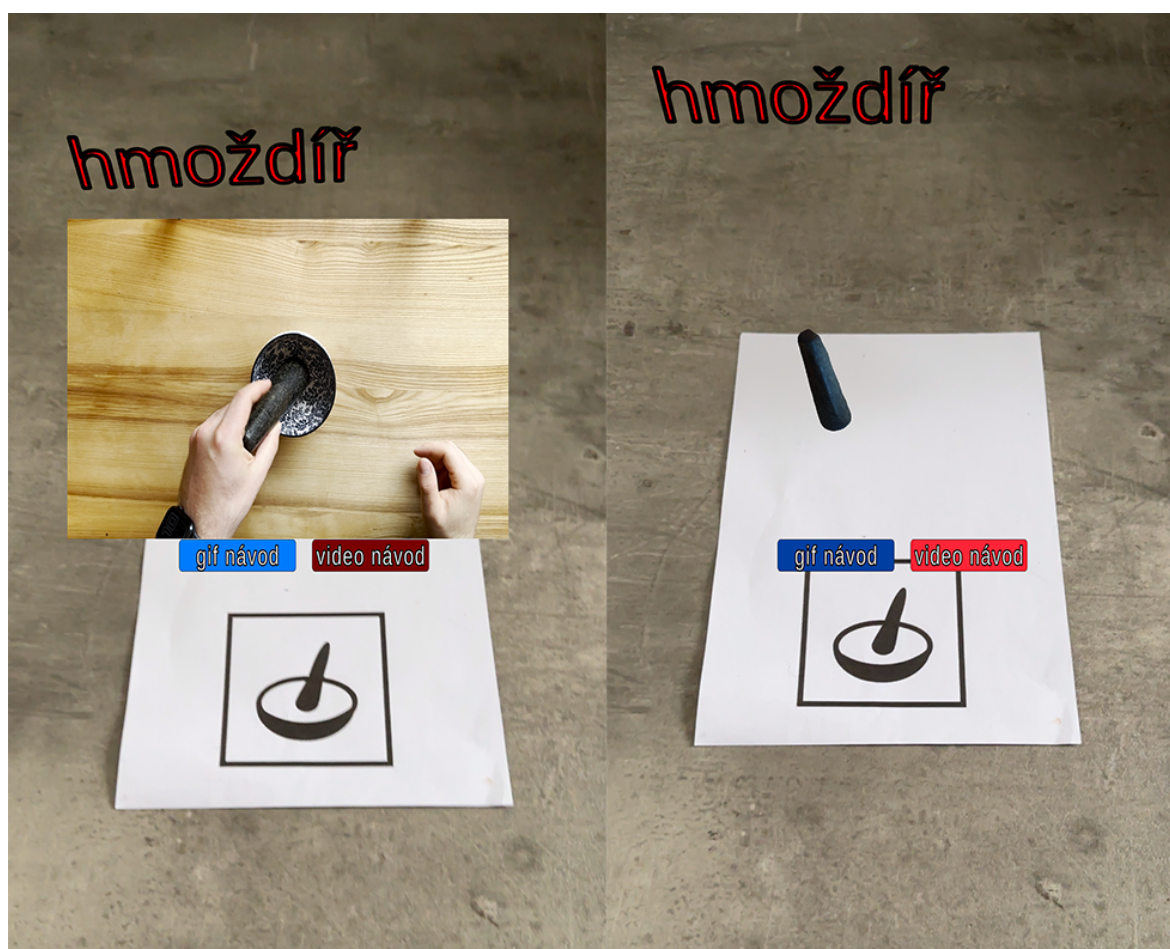
6.2.2.3 Postup pro hmoždíř

Pro exponát hmoždíře byl proces zahájen přidáním Image Targetu do scény Unity, kde byl k hmoždíři přiřazen specifický marker. Nad hmoždíř byl umístěn identifikační nadpis, což

usnadňuje snadné rozpoznání exponátu. Aby byla poskytnuta hlubší edukativní hodnota, byl do Canvasu přidán krátký text o historii hmoždíře. Tento text je navržen tak, aby automaticky zmizel po krátké době, díky implementovanému skriptu AutoHide, což zabraňuje přetížení uživatelů během jejich další interakce.

Na Canvasu byla umístěna dvě tlačítka, která nabízejí uživatelům výběr mezi dvěma typy návodů. První tlačítko aktivuje zobrazení video návodu, který jsem osobně nahrál a který demonstruje správné použití hmoždíře. Video je přehráváno na objektu Platno ve scéně, který má aplikovanou video texturu, což poskytuje uživatelům přístup k video návodu přímo v aplikaci.

Druhé tlačítko umožňuje zobrazení objektu s animovaným gifem tlouku. Tento gif detailně znázorňuje správné pohyby tlouku, které jsou nezbytné pro efektivní použití hmoždíře. Tento interaktivní prvek je navržen tak, aby poskytl uživatelům jasnější představu o tom, jak hmoždíř používat, a podporuje praktické vyučování prostřednictvím vizuální simulace.



Obrázek 7. varianty rozšíření hmoždíře

Celkově tento přístup k designu a funkcionalitě exponátu hmoždíře zvyšuje jeho interaktivitu a edukativní hodnotu. Umožňuje nejen se dozvědět o historii hmoždíře, ale také se naučit, jak tento tradiční nástroj správně používat.

7 TESTOVÁNÍ IMPLEMENTOVANÉHO ŘEŠENÍ

Během vývoje AR aplikace byl zvolen postup průběžného testování po implementaci každého nového prvku, což zahrnovalo interaktivní tlačítka, texty, 3D modely nebo animace. Tento přístup umožnil okamžitou identifikaci a řešení potenciálních problémů, zajišťující správnou funkčnost a integraci do celkového systému. Kontroly byly prováděny na mobilním zařízení, které sloužilo nejen jako platforma pro běh aplikace, ale také jako hlavní testovací nástroj. Tímto způsobem bylo možné ověřit, jak aplikace reaguje na různé uživatelské interakce.

7.1 Způsob testování

V rámci testování byl kladen důraz na ověření funkčnosti z různých úhlů pohledu, což bylo klíčové pro optimalizaci interakcí s objekty. Tento krok zajistil, že aplikace poskytuje konzistentní a plynulé uživatelské rozhraní. Závěrečné testy na mobilním zařízení poskytly cenné zpětné vazby o výkonnosti aplikace v reálných podmínkách, což umožnilo naladit finální verzi aplikace tak, aby co nejlepší způsobem vyhovovala potřebám a očekáváním uživatelů.

8 VYTVOŘENÍ UNITY PACKAGE

8.1 Proces vytváření

Projekt je otevřen a je zkontrolováno, zda jsou všechny komponenty dostupné a připravené k exportu. V horní liště uživatelé kliknou na "Assets" a vyberou možnost "Export Package". Důležité je zkontrolovat, zda jsou všechny požadované assety a jejich závislosti správně zaškrtnuté. Je nutné zaškrtnout možnost "Include Dependencies", což zajistí, že do balíčku budou zahrnuty všechny soubory závislé na vybraných assetech. Tento krok zaručuje, že po importu si všechny komponenty zachovají svou původní funkčnost. V posledním kroku je vybráno místo na disku, kde bude unitypackage uložen, a následně je balíček exportován.

8.1.1 Dokumentace pro Unity Balíčku pro Augmented Reality Aplikaci

Úvod

Tento Unity balíček obsahuje všechny potřebné soubory pro spuštění aplikace rozšířené reality, která používá image targets k aktivaci interaktivních akcí u tří různých exponátů: dávkovače mýdla, ručního mixéru a hmoždíře. Balíček zahrnuje 3D modely, skripty a další nezbytné assety pro plnou funkčnost aplikace. Aplikace byla vyvíjena a optimalizována pro verzi Unity 2022.3.13f1 a je určena pro použití na iOS zařízeních.

Systémové Požadavky

Nutnost instalace Vuforia Engine.

Aplikace vyvinuta pro iOS.

Postup Instalace a Nastavení

Změna Platformy: Uživatel musí změnit cílovou platformu projektu na iOS, což lze provést v menu File > Build Settings.

Nastavení Kamery: V Project Settings pod Player je potřeba vyplnit Camera Usage Description s vysvětlením, proč aplikace vyžaduje přístup k fotoaparátu.

Import Unity Package: Balíček se importuje skrze Assets > Import Package > Custom Package, kde se vybere příslušný unitypackage soubor.

Instalace a Konfigurace Universal Render Pipeline (URP):

URP se instaluje přes Package Manager.

Následně se aktualizují materiály projektu pomocí Edit > Render Pipeline > Universal Render Pipeline > Upgrade Project Materials to UniversalRP Materials pro kompatibilitu s URP.

Import Vuforia Engine: Pokud ve vašem projektu ještě není Vuforia Engine, je potřeba ji importovat.

Přiřazení Materiálů: Po importu balíčku je třeba zkontrolovat a případně přiřadit materiály k modelům.

Návod ke Spuštění Aplikace na Mobilním Zařízení

Připojení Zařízení: Mobilní zařízení musí být připojeno pomocí kabelu k počítači.

Build v Unity: Proved'te build aplikace v Unity.

Spustit Build v Xcode:

Otevřete vygenerovaný build v aplikaci Xcode.

V sekci Signing & Capabilities zaškrtněte Automatically manage signing.

Vyberte svůj development tým.

Spus'te build projektu.

Spuštění na Zařízení: Po úspěšném provedení buildu se aplikace nahrává do mobilního zařízení a spustí se.

Řešení problémů

V případě problémů s nezobrazováním objektů nebo chyb ve skriptech je třeba zkontrolovat, zda byly správně importovány všechny závislosti a zda jsou všechny komponenty správně nakonfigurovány.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zaměřil na vývoj modulárního systému rozšířené reality pro obohacení exponátů pomocí Unity engine. Cílem bylo nejen poskytnout nový způsob interakce s exponáty, ale také prozkoumat různé technologie a nástroje dostupné v Unity pro implementaci rozšířené reality.

Během práce jsem se setkal s výzvami, od technických problémů po teoretické koncepty, které bylo třeba řešit. Díky pečlivému výběru nástrojů a metod se mi podařilo vytvořit funkční AR aplikaci, která demonstruje možnosti rozšířené reality v kontextu exponátů. Testování implementovaného řešení ukázalo, že systém je schopen poskytnout uživatelsky přívětivé prostředí a zároveň obohatit zážitek uživatele.

Dosažené výsledky potvrzují, že rozšířená realita má značný potenciál v mnoha odvětvích, a to nejen ve vzdělávání a kultuře, ale i průmyslu. Mé řešení může sloužit jako základ pro další rozvoj a adaptaci v různých aplikacích.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] INTERACTION DESIGN FOUNDATION. Augmented Reality. [online]. [Cit. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/augmented-reality>
- [2] SUTHERLAND, I. E. (1968). A head-mounted three-dimensional display. Proceedings of the Fall Joint Computer Conference, Part I, 757-764. Dostupné z: DOI: 10.1145/1476589.1476686
- [3] CAUDELL, T. P., & MIZELL, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 659-669.
- [4] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, svaz. 6, č. 4, 355-385.
- [5] Reality Remix: Understanding the Differences Between VR, AR, and MR. *Mirrorar* [online]. 2023 [cit. 2024-2-26]. Dostupné z: <https://www.mirrorar.com/blogs/reality-remix-understanding-the-differences-between-vr-ar-and-mr>
- [6] Microsoft Dynamics 365. What is augmented reality (AR)? [online]. [Cit. 2024-4-2]. Dostupné z: <https://dynamics.microsoft.com/cs-cz/mixed-reality/guides/what-is-augmented-reality-ar/>
- [7] Gong, Z., Wang, R. a Xia, G., 2022. Augmented Reality (AR) as a Tool for Engaging Museum Experience: A Case Study on Chinese Art Pieces. *Digital*. Roč. 2, č. 1, strany 33-34. ISSN 2673-6470. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/digital2010002> [cit. 2024-4-2]
- [8] JEREMY Norman's History of Information. Ivan Sutherland and Bob Sproull Create the First Virtual Reality Head Mounted Display System. [online]. 1968. Dostupné z: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=1087> [cit. 2024-4-2].
- [9] ROOD, Idel. When Augmented Reality Was Invented. *Robots.net* [online]. Zveřejněno 1. srpna 2023, změněno 21. prosince 2023 [cit. 2024-4-2]. Dostupné z: <https://robots.net/tech/when-augmented-reality-was-invented/>

- [10] INTERACTION DESIGN FOUNDATION. Augmented Reality. In: Interaction Design Foundation [online]. [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/augmented-reality>
- [11] FUSCO, Martina. What is Markerless AR and Examples. In: Kiber.tech. Zveřejněno 31. 10. 2022 [cit. 2024-4-3]. Dostupné z: <https://kiber.tech/what-is-markerless-ar-examples/>
- [12] IFLEXION. ARCore vs ARKit: A Comparative Guide. In: Iflexion [online]. Zveřejněno 19. 3. 2018, aktualizováno 17. 2. 2022 [cit. 2024-4-3]. Dostupné z: <https://www.iflexion.com/blog/arcore-vs-arkit>
- [13] WIKIPEDIA. VPL Research. Online encyklopedie. Poslední revize 11. 3. 2023. [cit. 2024-4-5] Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/VPL_Research
- [14] VIRTUAL REALITY SOCIETY. VPL Research Jaron Lanier. [online]. [cit. 2024-4-5]. Dostupné z: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-profiles/vpl-research.html>
- [15] ADAMSKÁ, Iwona. History of Augmented Reality. [online]. 27. 9. 2023. [cit. 2024-4-5] Dostupné z: <https://nsflow.com/blog/history-of-augmented-reality>
- [16] WIKIPEDIA. Virtual reality. Online encyklopedie. Poslední revize 4. 4. 2024. [cit. 2024-4-5]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality
- [17] RADU, Iulian. Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2014, 18(7), 1533–1543. doi:10.1007/s00779-013-0747-y. [Cit. 2024-4-05] Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-013-0747-y>
- [18] LE ROUX, Herman. The Use of Augmented Reality in Command and Control Situation Awareness. *Scientia Militaria - South African Journal of Military Studies*. 2010, 38(1), 115-133. Available from: https://www.researchgate.net/publication/230689740_The_Use_of_Augmented_Reality_in_Command_and_Control_Situation_Awareness [Cit. 2024-04-08]
- [19] CHARR, Manuel. How Museums are using Augmented Reality. *MuseumNext*. [online]. Publikováno 1. února 2024. [cit. 2024-4-8] Dostupné z: <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>

- [20] FURHT, Borko, ed. Handbook of Augmented Reality. 1. vyd. New York: Springer, 2011. ISBN 978-1-4614-0064-6. [online]. [cit. 2024-4-12]. Dostupné z: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-0064-6>
- [21] XRTODAY. What is Spatial Audio: An Immersive Experience. XR Today [online]. [cit. 2024-12-4]. Dostupné z: <https://www.xrtoday.com/mixed-reality/what-is-spatial-audio-an-immersive-experience/>
- [22] KUDRY, Peter a COHEN, Michael. Enhanced Wearable Force-Feedback Mechanism for Free-Range Haptic Experience Extended by Pass-Through Mixed Reality. [online]. 2023, 12(17), 3659. [cit. 2024-4-13]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/electronics12173659>
- [23] CARMIGNIANI, Julie a FUHRT, Borko. Augmented Reality: An Overview. In: Handbook of Augmented Reality. July 2011, pp. 3-46. DOI: 10.1007/978-1-4614-0064-6_1. Florida Atlantic University. [cit. 2024-4-13].
- [24] Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/227164365_Augmented_Reality_An_Overview
- [25] RICK VAN KREVELEN, POELMAN, Ronald. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. International Journal of Virtual Reality. June 2010, 9(2):1. DOI: 10.20870/IJVR.2010.9.2.2767. Ximedes. [cit. 2024-4-14]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/279867852_A_Survey_of_Augmented_Reality_Technologies_Applications_and_Limitations
- [26] SATYANARAYANAN, Mahadev. The Emergence of Edge Computing. [online]. IEEE. [cit. 2024-4-14]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7807196/metrics>
- [27] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. Unity (game engine). In: Wikipedia: The Free Encyclopedia. [online]. Wikimedia Foundation. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_%28game_engine%29
- [28] SINICKI, Adam. What is Unity? Everything you need to know. Android Authority [online]. March 20, 2021. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: <https://www.androidauthority.com/what-is-unity-1131558/>
- [29] UNITY. Our Company. [online]. Unity Technologies. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: <https://unity.com/our-company>

- [30] UNITY TECHNOLOGIES. AR Foundation. [online]. Version 6.0. Unity Documentation. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation%406.0/manual/index.html>
- [31] VUFORIA. Vuforia Features. [online]. [cit. 2024-4-16]. Dostupné z: <https://developer.vuforia.com/library/getting-started/vuforia-features>
- [32] EASYAR. EasyAR Sense Unity Plugin Documentation. [online]. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: <https://help.easyar.com/EasyAR%20Sense%20Unity%20Plugin/latest/>
- [33] UNITY TECHNOLOGIES. Unity MARS 1.0 Documentation. [online]. Dostupné z: [cit. 2024-4-15]. <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.mars%401.0/manual/index.html>
- [34] NGUYEN, Quang Hieu and YEAP, Tet Hin Kelvin. StereoTag: A novel stereogram marker-based approach for indoor localization. In: Semantic Scholar. [online]. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/StereoTag%3A-A-novel-stereogram-marker-based-approach-Nguyen-Yeap/c9b4c7bb454438b4100fef0916cf088b8f95bebb>
- [35] AIRCARDS. Markerless vs. Marker-Based AR with Examples. [online]. [cit. 2024-4-16]. Dostupné z: <https://www.aircards.co/blog/markerless-vs-marker-based-ar-with-examples>
- [36] UNIQUOTE. Augmented Reality QR Codes. [online]. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: <https://www.uniquote.com/blog/qr-code-basics/augmented-reality-qr-codes>
- [37] CUNNEEN, Bill. AR Object Recognition: The Essentials and Two Examples in Training. [online]. Roundtable Learning. [cit. 2024-4-15]. Dostupné z: <https://roundtablelearning.com/ar-object-recognition-the-essentials-and-two-examples-in-training/>
- [38] INSIGHTS DESK. Understanding Object Recognition and Object Detection in AR. [online]. Vydáno: 19. 10. 2023. TechDemand. [cit. 2024-4-16]. Dostupné z: <https://www.techdemand.io/insights/tech/understanding-object-recognition-and-object-detection-in-ar/>

- [39] FLYABILITY. Simultaneous Localization and Mapping. [online]. 2024-4-19]. Dostupné z: <https://www.flyability.com/simultaneous-localization-and-mapping>
- [40] KIRI ENGINE. [online]. [cit. 2024-4-20]. Dostupné z: https://www.kirien-gine.app/?source=web_app_index
- [41] PIXELFIELD. Absolutně pohlcující obsah: budoucnost AR/VR v éře 5G. [online]. Vydáno: 28. 11. 2019. [cit. 2024-5-4]. Dostupné z: <https://pixel-field.cz/blog/absolutne-pohlujici-obsah-budoucnost-ar-vr-v-ere-5g/>
- [42] Bamforth ,Matt. 5G and AR/VR: Transformative Use Cases with Edge Computing. [online]. [cit. 2024-5-4]. Dostupné z: <https://stlpartners.com/articles/edge-computing/5g-edge-ar-vr-use-cases/>
- [43] UNITY. Beginner Game Coding Resources. [online]. [cit. 2024-5-5]. Dostupné z: <https://unity.com/how-to/beginner-game-coding-resources>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AR Rozšířená realita

VR Virtuální realita

HMD Head mounted display

AI Umělá inteligence

IDE Vývojové prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Porovnání realit [5].....	17
Obrázek 2. Ukázka značek pro marker-based [34].....	28
Obrázek 3. Přehled exponátů.....	31
Obrázek 4. Databáze mých markeru.....	35
Obrázek 5. ukázka rozšíření dávkovače mýdla	37
Obrázek 6. Varianty rozšíření mixéru.....	38
Obrázek 7. varianty rozšíření hmoždíře.....	39

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Marker pro rozšíření dávkovače

Příloha P II: Marker pro rozšíření Mixéru

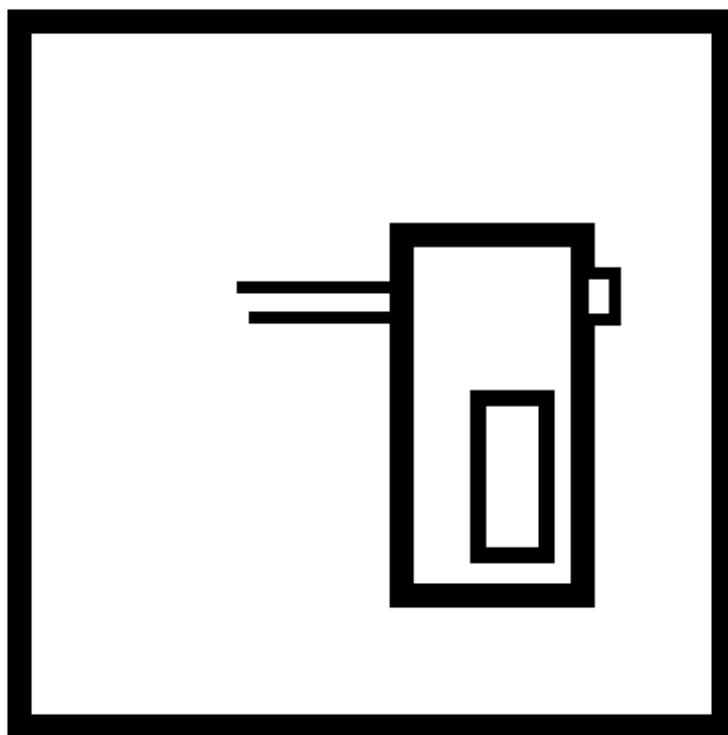
Příloha P III: Marker pro rozšíření Hmoždíře

Příloha P IV: USB disk s unity package, Unity projektem

PŘÍLOHA P I: MARKER PRO ROZŠÍŘENÍ DÁVKOVAČE



PŘÍLOHA P II: MARKER PRO ROZŠÍŘENÍ MIXÉRU



PŘÍLOHA P III: MARKER PRO ROZŠÍŘENÍ HMOŽDÍŘE

