

ZÁVĚREČNÁ STUDIJNÍ PRÁCE

dokumentace

Mobilní aplikace s rozšířenou realitou



Autor: Michaela Říčná
Obor: 18-20-M/01 INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE
se zaměřením na počítačové sítě a programování
Třída: IT4
Školní rok: 2023/24

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracovala samostatně a uvedla veškeré použité informační zdroje.

Souhlasím, aby tato studijní práce byla použita k výukovým a prezentačním účelům na Střední průmyslové a umělecké škole v Opavě, Praskova 399/8.

V Opavě 1. 1. 2024

.....
Podpis autora

Abstrakt

Práce se zabývá tvorbou mobilní aplikace s rozšířenou realitou na základě obrázků. Součástí práce byla tvorba 3D objektů a vytvoření mobilní aplikace. Výsledkem práce je funkční mobilní aplikace, která byla vytvořena za pomoci Unity, ve které je možné interagovat s určitými 3D objekty, které se zobrazují podle obrázků. Aplikace má celkem pět obrázků, kde každý z nich má alespoň jeden 3D objekt. Mezi tyto objekty patří interaktivní dáma, kreslení, počítací s interaktivními komponenty, které při kliknutí zobrazí menu, ukázka čtyř součástek učebny mechatroniky, kde dvě z nich zahrnují i animaci pohybu součástky, a model domu z animovaného seriálu.

Klíčová slova

Rozšířená realita, sledování obrázků, Unity, 3D objekty, mobilní aplikace

Abstract

This project deals with creation of an AR mobile application based on images. Part of the project was modelling 3D objects and creating a mobile application. The result of this project is a functional mobile application made in Unity in which the user can interact with specific 3D objects that are displayed according to images. The application has a total of five images, each of which contains at least one 3D object. Among these objects are an interactive checkers game, drawing, a computer with interactive components that display a menu when clicked, a demonstration of four components in a mechatronics classroom, where two of them include animation of the component's movement, and a model of a house from an animated series.

Keywords

Augmented Reality, image tracking, Unity, 3D objects, mobile application

Obsah

Úvod	3
1 Rozšířená realita	5
1.1 Co je to rozšířená realita	5
1.2 Využití rozšířené reality	5
1.3 Typy rozšířené reality	5
2 Modelování 3D objektů	7
2.1 Výběr modelovacích programů	7
2.2 Postup modelování	7
2.3 Nastavení materiálu objektů	10
2.4 Importování do Unity	10
3 Mobilní aplikace v Unity	11
3.1 Struktura projektu	11
3.2 Nastavení projektu	12
3.3 Sledování obrázků	13
3.4 Zobrazování 3D objektů	14
3.5 Odstraňování 3D objektů	14
3.6 Canvas	14
3.7 Funkce aplikace	15
Závěr	21
Seznam použitých informačních zdrojů	23

ÚVOD

Cílem mé práce bylo vytvořit mobilní aplikaci s rozšířenou realitou. Původně jsem zamýšlela vytvořit AR aplikaci na základě lokace. Z tohoto nápadu jsem nakonec ustoupila po zjištění, že GPS v mobilních zařízeních není přesné a balíček pro Unity zabývající se touto problematikou nebyl ke stažení zdarma, proto jsem se rozhodla vytvořit aplikaci na základě obrázků.

Hlavní motivací bylo pochopit základy rozšířené reality a Unity. Také jsem si přála pracovat na projektu, pro který bych si mohla vytvořit své vlastní 3D modely, jelikož mě modelování minulý rok zaujalo.

Tato práce nejprve popisuje problematiku rozšířené reality. Poté se zaměřuje na tvorbu 3D objektů s ukázkou jak se vytvářel model pístu, následný popis struktury projektu, bližším vyšvětlením fungování sledování obrázků a seznámení s jednotlivými interaktivními 3D objekty.

1 ROZŠÍŘENÁ REALITA

1.1 CO JE TO ROZŠÍŘENÁ REALITA

Rozšířená realita (zkratka AR = augmented reality). Princip fungování rozšířené reality je v podstatě velmi jednoduchý – do obrazu reálného světa, který snímáme mobilním telefonem, tabletom či dalším zařízením, vkládáme navíc virtuální prvky – např. 3D model, video, textový či grafický popis, animace apod.

1.2 VYUŽITÍ ROZŠÍŘENÉ REALITY

- Interaktivní vzdělávání,
- rozšířená realita pro obchod,
- návrh a vizualizace produktu,
- vzdálená podpora v terénu,
- hry a zábava.

1.3 TYPY ROZŠÍŘENÉ REALITY

1.3.1 Na základě značek

Tento typ rozšířené reality využívá značky nebo také markery. Když se určitý marker naskenuje, objeví se u nej digitální objekt. Markery mohou být jak QR kódy nebo obrázky. Je důležité, aby marker byl unikátní a dobře rozpoznatelný pro naskenování.

Výhody

- Jednoduché pro začínající uživatele rozšířené reality,
- snímání obrázků je stabilní,
- minimální výrobní náklady.

Nevýhody

- Funguje pouze v dostatečné blízkosti od kamery,
- odraz světla na markeru, může způsobit problémy se snímáním,
- aplikace potřebuje předem vytvořenou knihovnu referenčních markeru, pro spuštění.

1.3.2 Bez značek

Nevyužívá značky k zobrazení obsahu rozšířené reality.

Na základě projekce

Jedná se o jednoduchou formu rozšířené reality. Interakce probíhá fyzickým dotykem s projekčním povrchem. Mezi nejčastěji projekční povrchy se řadí zdi nebo podlahy.

Na základě lokace

Díky dostupnosti chytrých telefonů využívat GPS jsou informace a virtuální objekty zobrazovány, když zařízení uživatele odpovídá konkrétnímu místu.

2 MODELOVÁNÍ 3D OBJEKTŮ

2.1 VÝBĚR MODELOVACÍCH PROGRAMŮ

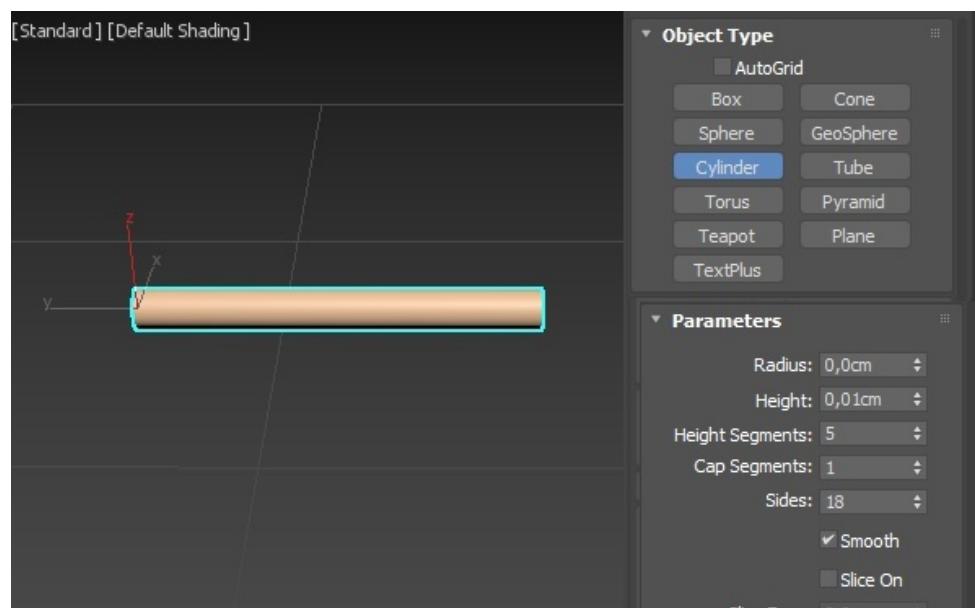
Nedílnou součástí celého mého projektu byla tvorba 3D objektů, všechny modely jsem vytvářela buď v Blenderu nebo 3Ds Maxu. Programy jsem si vybrala, jelikož už s nimi mám zkušenosť. Blender je navíc ke stažení zdarma.

2.2 POSTUP MODELOVÁNÍ

Celý postup modelování budu popisovat v prostředí programu 3Ds Max. V ukázce postupu uvidíte mnou vymodelovaný píst.

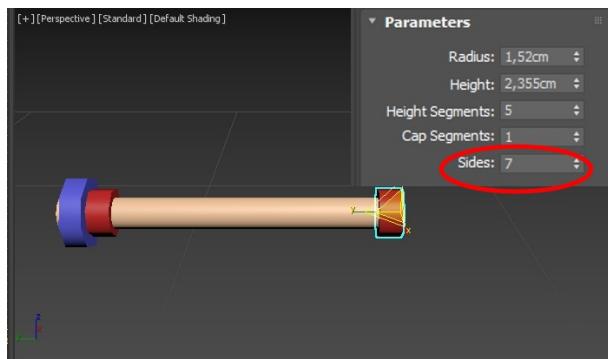
Pro usnadnění modelování jsem využila referenční fotky, které mi umožnili lépe vidět, jak určitý objekt vypadá. Nejlepší je si najít fotky obsahující předmět z více pohledů, aby bylo modelování ve 3D co nejsnazší.

Prvním krokem modelování je vybrat si co nejpřesnější tvar daného objektu, který budeme tvořit. Pro píst jsem si tedy vybrala cylinder.



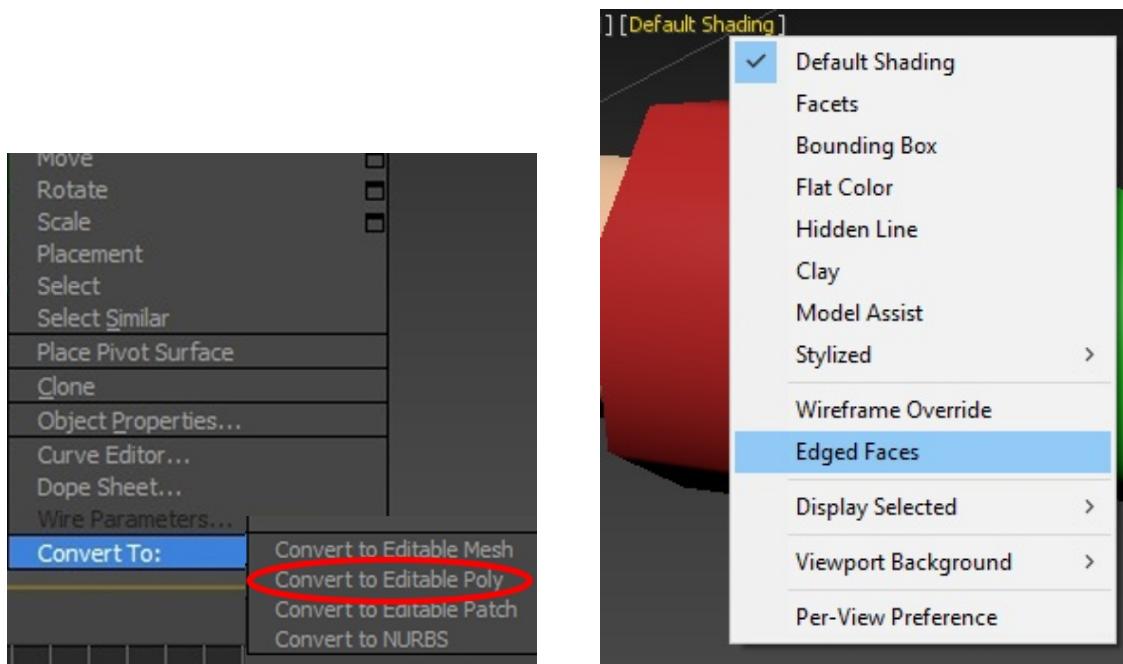
Obrázek 2.1: Vytvoření cylindru v 3Ds Maxu.

Tento postup budeme opakovat i pro tvorbu ostatních částí, na které zase použijeme cylinder, jen s jiným počtem stran. Strany se dají nastavit v parametrech.



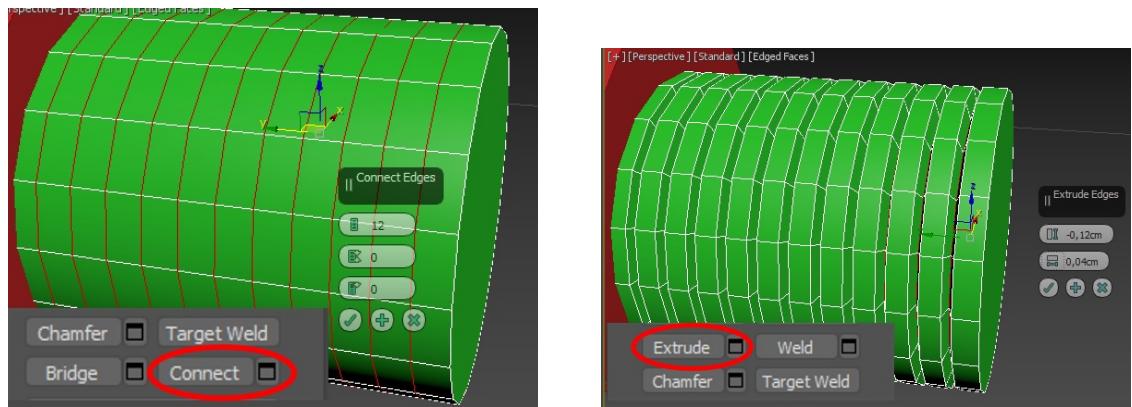
Obrázek 2.2: Tvorba dalších částí písťu.

Pro obsáhlější úpravu objektů můžeme použít Editable Poly, ve kterém se dá manipulovat s jednotlivými polygony, vertexy nebo hranami. Abychom je mohli vidět, musíme si zapnout Edged Faces.



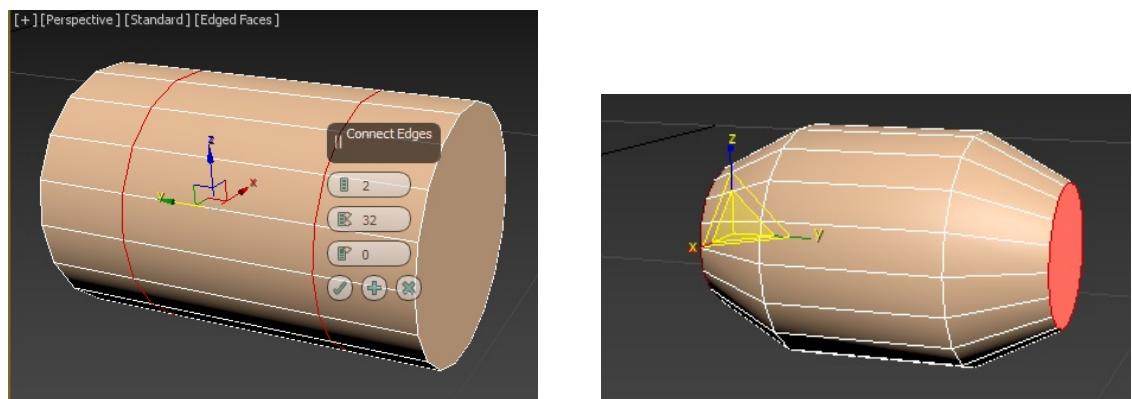
Obrázek 2.3: Editable Poly a nastavení viditelnosti hran.

Po vybrání všech hran objektu využijeme Connect, který nám spojí veškeré vybrané hrany. Na tyto hrany pak využijeme Extrude, který tyto hrany vytáhne podle našich požadavků.



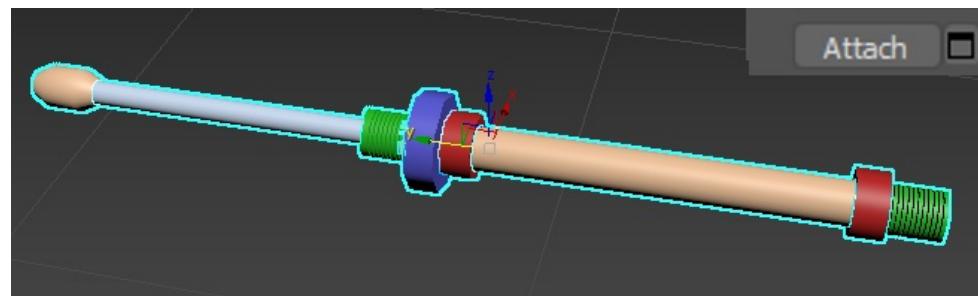
Obrázek 2.4: Spojení a vytahnutí hran.

Další část pístu také upravíme pomocí Connect. Poté pomocí Scale upravíme do potřebného tvaru.



Obrázek 2.5: Spojení hrany a úprava tvaru objektu pomocí Scale.

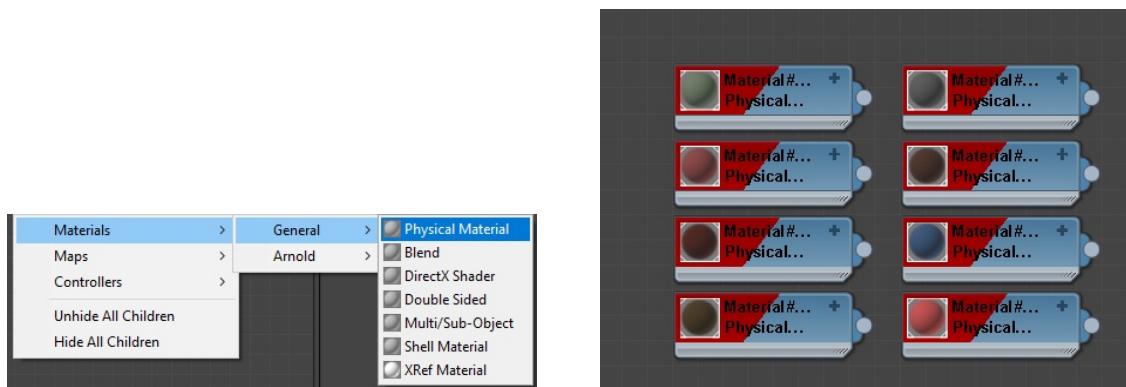
Ze všech těchto objektů poté vytvoříme jeden jediný pomocí Attach.



Obrázek 2.6: Spojení všech objektů do jednoho.

2.3 NASTAVENÍ MATERIÁLU OBJEKTŮ

Po vymodelování objektu, je nutné mu přiřadit materiál. Všechny materiály jsem přiřazovala v 3Ds Maxu, jelikož jsem v něm už s materiály pracovala. Materiály se nastavují v Material Editor, kde je možné využít obrázku jako materiálu celého objektu nebo jeho části. Lze také použít pouhá barva. Mimo vytvoření materiálu se v tomhle editoru dají také nastavit vlastnosti materiálu, jako je například průhlednost objektu nebo vyzařování světla z objektu.



Obrázek 2.7: Ukázka vytvoření nového materiálu a materiálů již vytvořených.

2.4 IMPORTOVÁNÍ DO UNITY

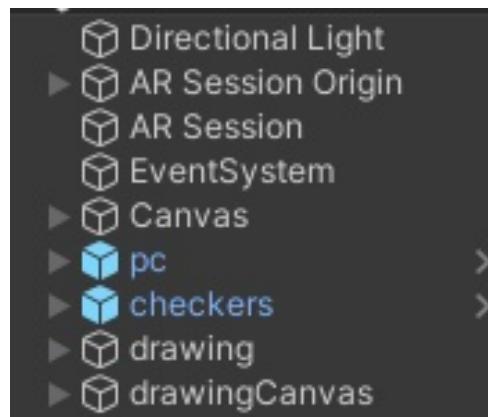
Všechny 3D objekty se dají do Unity importovat ve formátu .FBX, tento formát 3Ds Max i Blender podporuje. Takže žádný problém při importování souborů nenastává.

Při importování jednoduchých materiálů z 3Ds Maxu také nevzniká ztráta materiálu, což znamená že jsem v Unity nemusela znova nastavovat ani jeden materiál.

3 MOBILNÍ APLIKACE V UNITY

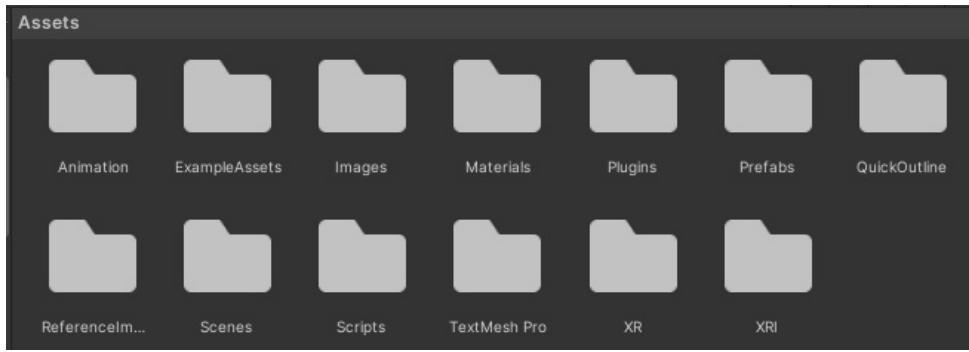
Svou celou aplikaci jsem vytvářela v Unity, což je multiplatformní herní engine, který nabízí spoustu balíčků, templatů a nástrojů pro vytváření nejrůznějších aplikací.

3.1 STRUKTURA PROJEKTU



Obrázek 3.1: Ukázka hierarchie aktivní scény projektu.

Projekt obsahuje několik podsložek. 3D objekty jsou uloženy ve složce Prefabs. Složka Scripts obsahuje veškeré mnou napsané scripty v c#. Ve Složce Animations jsou uložené animace a složka ReferenceImages obsahuje obrázky pro zobrazení 3D objektů. Unity si navíc vytváří i vlastní podsložky potřebné pro fungování celého projektu, také zde můžeme vidět stáhnuté balíčky, které mohou obsahovat scripty nebo objekty. Některé tyto balíčky se mohou stáhnout hned při vytvoření projektu, při použití templatu, nebo stáhnout později v Package Manageru.



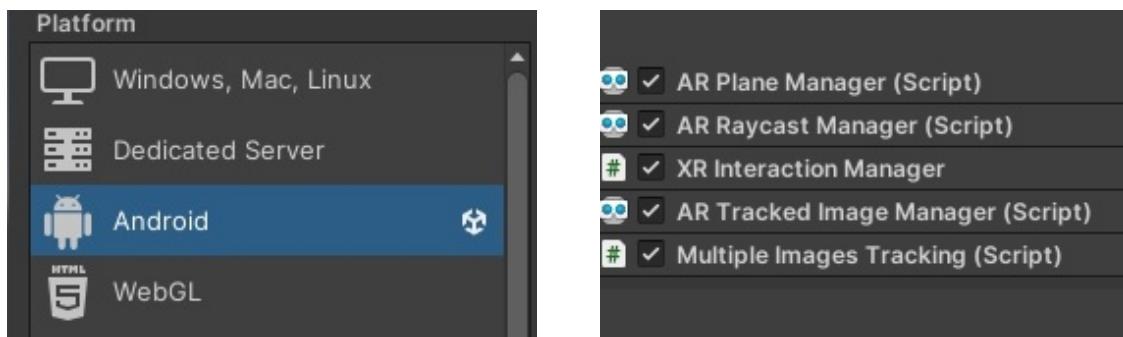
Obrázek 3.2: Ukázka podsložek v projektu.

3.2 NASTAVENÍ PROJEKTU

S pomocí templatu pro rozšířenou realitu, který obsahuje AR Foundation, což je framework určený pro vytváření rozšířené reality, je prvotní nastavení projektu jednoduché. AR Foundation obsahuje několik funkcí, které ulehčují práci s AR. Tento template také vlastnoručně přichystá základní nastavení celého projektu.

K prvnímu spuštění celé aplikace je potřeba nastavit na jakou platformu chceme celý projekt směřovat. Jelikož jsem celou aplikaci testovala na Androidu, zvolila jsem si proto tuto platformu.

Hlavním aktérem celé aplikace je AR Session Origin, který obsahuje kameru a jsou na něj navázány nejrůznější scripty, které reagují na snímané prostředí. Scripty jsem použila jak implementované, tak i vlastní.



Obrázek 3.3: Zvolení platformy a scripty připnuté k AR Session Originu.

3.3 SLEDOVÁNÍ OBRÁZKŮ

Sledování obrázku zajišťuje AR tracked image manager, který je součástí AR Foundation. Skládá se z managaru a referenční knihovny (reference library). Součástí referenční knihovny jsou všechny obrázky, které chceme sledovat.

AR tracked image manager nás také za pomocí eventu trackedImagesChanged informuje o každém přidaném, aktualizovaném nebo odstraněném obrázku. Nebo by alespoň měl, bohužel ale nikdy neoznámí odstranění obrázku, což způsobuje značné problémy.

Naštěstí tento manager také sleduje stavy jednotlivých obrázků. Správně by měl zobrazit jeden ze tří stavů (Tracking, Limited, None). I tady je tomu tak, že stav None nikdy nenastane a stav Limited nastane při jakémkoliv menším pohybu telefonu.

```
1 void OnTrackedImagesChanged(ARTrackedImagesChangedEventArgs eventArgs) {
2     //added image
3     foreach (var trackedImage in eventArgs.added) {
4         UpdateARImage(trackedImage.referenceImage.name, trackedImage);
5     }
6     //updated image
7     foreach (var trackedImage in eventArgs.updated) {
8         //checking state of image
9         if(trackedImage.trackingState != TrackingState.Tracking) {
10             //hides menu if object is out of view
11             if(state) {
12                 HideInteractable(trackedImage.referenceImage.name);
13             }
14             else {
15                 //image is visible
16                 ShowInteractable(trackedImage.referenceImage.name);
17                 UpdateARImage(trackedImage.referenceImage.name, trackedImage);
18             }
19         }
20     }
21 }
```

Kód 3.1: Ukázka kódu sledování obrázků.

3.4 ZOBRAZOVÁNÍ 3D OBJEKTŮ

Zobrazování 3D objektů se odvíjí od sledovaného obrázku. Pokaždé když se určitý obrázek přidá nebo aktualizuje, tak se podle něj objeví objekt se stejným jménem. 3D objekty dědí pozici obrázků.

3.5 ODSTRAŇOVÁNÍ 3D OBJEKTŮ

Mým záměrem bylo odvítjet stavy objektů podle stavů sledovaných obrázků, ale kvůli špatné funkcionality jsem se rozhodla problém pro odstranění objektů vyřešit jinak, a to za pomocí Render.isVisible, který vrací, zda je určitý objekt zobrazen na jakémkoliv kameře ve scéně. Pokud se objekt nenachází na jakémkoliv kameře, objekt se odstraní.

```
1 void Start() => m_Renderer = GetComponent<Renderer>();
2 void Update() {
3     //sending state of object to different script
4     MultipleImagesTracking.state = hide;
5     if (m_Renderer.isVisible) hide = true;
6     else {
7         if (hide) {
8             go.SetActive(false);
9             hide = false;
10        }
11    }
12 }
13 }
```

Kód 3.2: Ukázka kódu zjišťování viditelnosti objektu.

3.6 CANVAS

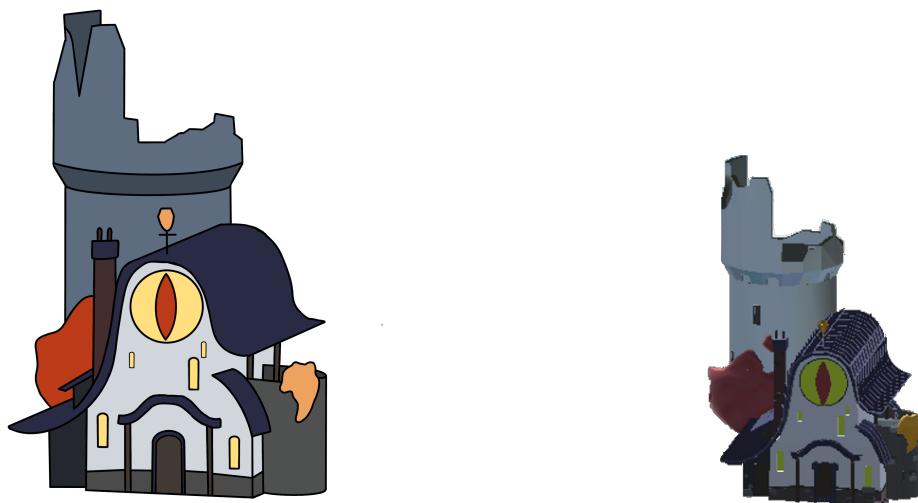
Pro zobrazení grafických prvků se využívá canvas, který obsahuje grafické prvky. Jelikož je Unity graficky založený engine, dá se většina jednoduchých operací naklikat bez použití vlastních scriptů. Pro účely mé aplikace jsem v canvas vytvořila vlastní menu pro dodatečnou interakci s objekty. Zobrazení menu se řídí podle viditelnosti objektu. Canvas jsem také použila na vytvoření úvodního herního menu při prvním spuštění aplikace.

3.7 FUNKCE APLIKACE

Při spuštění aplikace se zobrazí úvodní menu, ve kterém jsou dvě možnosti „Play“ a „Cíl hry“. Při kliknutí na „Cíl hry“ se objeví krátký text, o čem vlastně aplikace je. Při volbě „Play“ se zapne kamera v telefonu. V pravém horním rohu se objeví ikonka počítače, na kterou se dá kliknout a zobrazit si tak hledané obrázky. Vlevo nahoře se nachází počet nalezených obrázků. Každý nalezený obrázek zobrazuje jiný 3D objekt, dokonce některé objekty nabízí i možnost interakce.

3.7.1 Dům

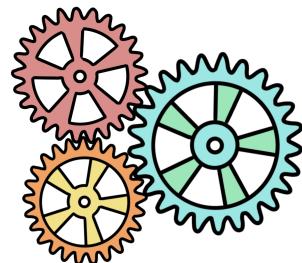
Na sledovaném obrázku se zobrazí 3D model domu.



Obrázek 3.4: Ukázka obrázku a modelu domu, který se na něm zobrazí.

3.7.2 Součástky mechatroniky

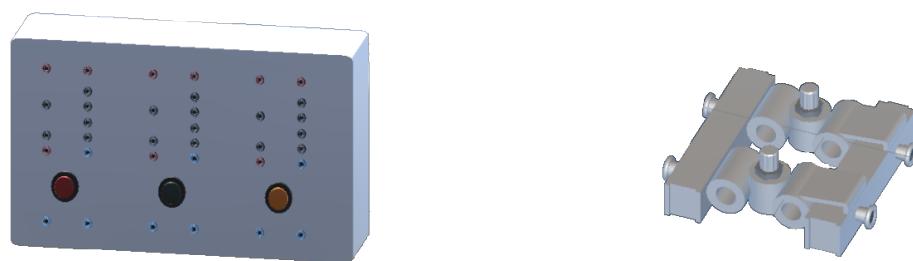
Jedná se o čtyři součástky používané v učebně mechatroniky: píst, kladka, pneumatický škrtič a modul s vypínači. Jednotlivé součástky se dají procházet šípkami, které se objeví při zobrazení prvního objektu. Píst a kladka mají vlastní animaci, která ukazuje, jak se pohybují.



Obrázek 3.5: obrázek, na kterém se zobrazí modely součástky.



Obrázek 3.6: 3D modely pístu a kladky.



Obrázek 3.7: 3D modely modulu s vypínači a pneumatického škrtiče.

3.7.3 Počítač

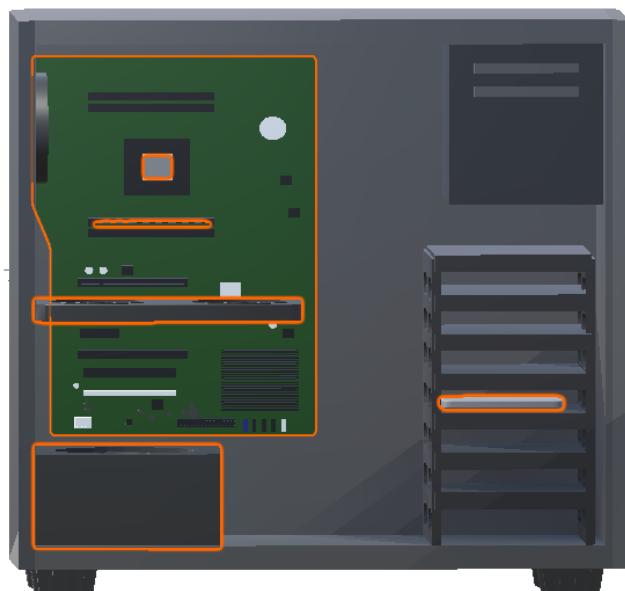
Jeden z obrázků zobrazuje model počítače, kterému jde odstranit kryt. Když se kryt odstraní, je možné klikat na některé počítačové komponenty, které po kliknutí zobrazí menu se zvětšeným zvoleným komponentem, který se začne otáčet. Vedle něj je krátký popis o úloze komponentu v počítači.

K označení komponentů napomáhá balíček QuickOutline, který jsem si stáhla k mému projektu. Celý tento balíček vytváří obrys pro objekty. Využití je velmi jednoduché. Připneme k objektu, kterému chceme přidat obrys, popřípadě můžeme zobrazení obrysů detailněji nastavit v editoru.

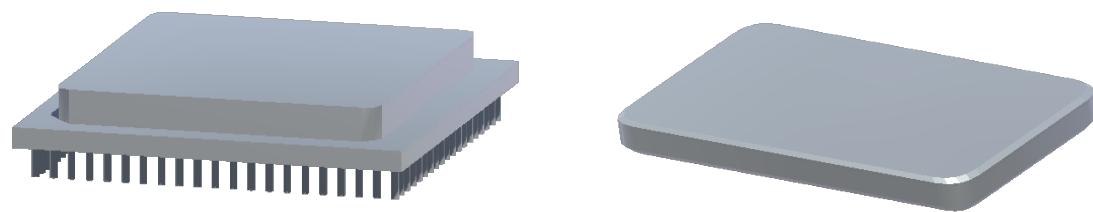
Interakce s celým počítačem je zařízena pomocí XR Interaction Toolkit, který zprostředkovává lepší interakci s objekty. Součástí je Interactive Manager, ve kterém se dají nastavit různé možnosti interakce. Pro své potřeby jsem použila funkci pro vybírání objektů. Při kliknutí na objekt se spustí script pro zobrazení menu komponentu.



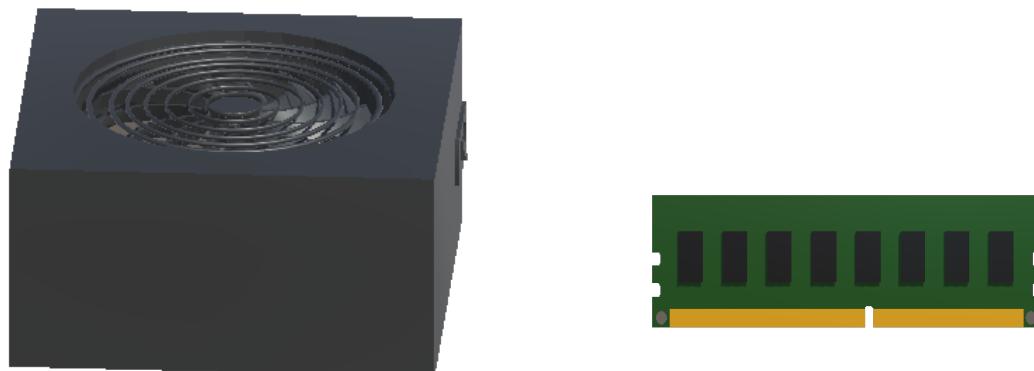
Obrázek 3.8: Ukázka obrázku, na kterém se zobrazí model počítače.



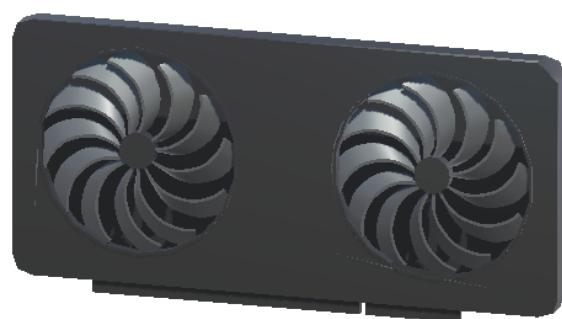
Obrázek 3.9: 3D objekt počítače s označenými komponenty zahrnující: paměti RAM, základní desku, procesor, grafickou kartu, napájecí zdroj počítače a SSD disk.



Obrázek 3.10: 3D modely procesoru a SSD disku.



Obrázek 3.11: 3D modely napájecího zdroje počítače a paměti RAM.

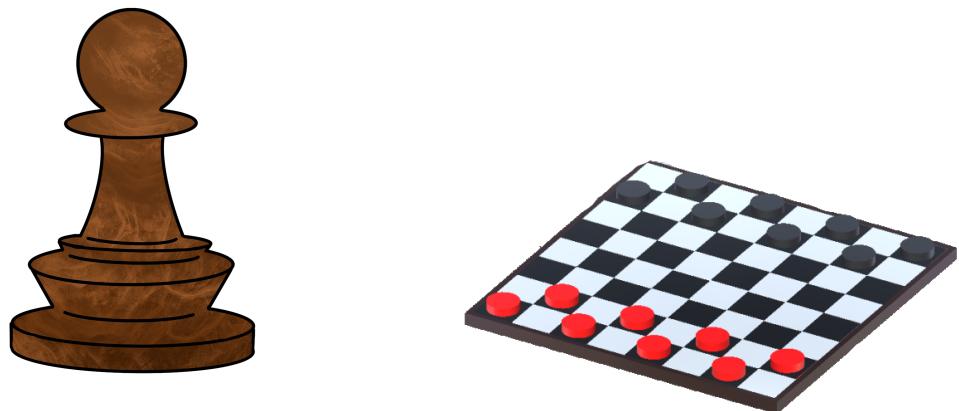


Obrázek 3.12: 3D objekt grafické karty.

3.7.4 Dáma

Umožňuje hrát dámu při nalezení obrázku figurky pěšce, kromě hrací plochy dámy se také objevuje tlačítko „Restart“ umožňující restartovat rozehranou hru, „Pravidla“, které vysvětlují základní princip hry, a text, který oznamuje, jaký hráč je na řadě. Dáma je jen zjednodušená, což znamená že neřeší povinné skákání ani měnění kamene na dámu při doskákání na druhou stranu šachovnice. První tah vždy začíná červený kámen.

Dáma také využívá Interactive Manager, který spouští scripty ovládající celou hru. Při kliknutí na kámen se uloží pozice, na které kámen leží. Podle ní se poté určují další možné tahy kamene.



Obrázek 3.13: Ukázka obrázku a modelu dámy, který se na něm zobrazí.

3.7.5 Kreslení

Při zobrazení objektu se odemkne možnost kreslení, rovněž se zobrazí menu s tlačítkem „Vymazání“, které smaže celý nakreslený obsah, a výběrem kreslící barvy, který obsahuje zelenou, červenou, modrou a černou. Na tuto část projektu jsem využila tutoriál: How to Create AR Draw/Doodling in Unity3D [5].



Obrázek 3.14: Ukázka obrázku pro spuštění kreslení a výběru barvy kreslení.

ZÁVĚR

Cílem projektu bylo vytvoření aplikace s rozšířenou realitou. Tento cíl se mi povedlo uskutečnit. Výsledkem mé práce je aplikace, která obsahuje úvodní menu a 3D objekty, které se zobrazují při nalezení obrázků. Některé tyto 3D objekty nabízí možnost interakce jako například možnost hraní dámky, kreslení či interakce s vymodelovaným počítačem. Také jsem se více seznámila s problematikou rozšířené reality a pracování v Unity.

Kdybych práci vypracovávala znova, nejspíše bych použila jiný framework než AR foundation, a tak bych snad obešla již zmíněný problém se sledováním obrázků.

Jedno z možných vylepšení do budoucna je tvorba více objektů s jinými možnostmi interakce.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] *AR Foundation Improved Image Tracking - Multiple Objects/Images - Unity Augmented Reality/AR* [online]. YouTube, 5.4.2020 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=I9j3MD7gS5Y>
- [2] *Create UI ANIMATIONS without CODING! - Unity UI tutorial* [online]. YouTube, 24.3.2021 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=br9YzpiBeIw>
- [3] *Hospodářské noviny: Pět oblastí, kde můžete nejlépe využít rozšířenou realitu* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://hn.cz/c1-66644350-pet-oblasti-kde-muzete-nejlepe-vyuzit-rozsirenou-realitu>
- [4] *How to get a variable from another script in Unity (the right way)* [online]. YouTube, 6.7.2022 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=2pCkInvkwZ0>
- [5] *Medium: How to Create AR Draw/Doodling in Unity3D* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://medium.com/antaeus-ar/how-to-create-ar-draw-doodling-in-unity3d-ar-foundation-233b0e0f921e>
- [6] *Onirix: What Are The Different Types of Augmented Reality?* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://www.onirix.com/learn-about-ar/types-of-augmented-reality>
- [7] *Packt Hub: How to use arrays, lists, and dictionaries in Unity for 3D game development* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://hub.packtpub.com/arrays-lists-dictionaries-unity-3d-game-development>
- [8] *Quickly preview your game on Android device | Unity tutorial* [online]. YouTube, 25.6.2021 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=iCXwaehzRFQ>
- [9] *Quick Outline: Particles/Effects* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/particles-effects/quick-outline-115488>

- [10] *Quick Tip: Test Mouse over UI | Unity Tutorial* [online]. YouTube, 24.5.2018 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ptmum1FXiLE>
- [11] *Rich Text: Unity UI: 1.0.0* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ugui@1.0/manual/StyledText.html>
- [12] *Shopify: 5 Types of AR and How They Improve Online Shopping* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://www.shopify.com/blog/types-of-ar>
- [13] *START MENU in Unity* [online]. YouTube, 29.11.2017 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=zc8ac_qUXQY
- [14] *Unity Asset Store: The Best Assets for Game Making* [Online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com>
- [15] *Unity: Ar tracked image manager: AR Foundation: 4.0.12* [online]. [cit. 2-17]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@4.0/manual/tracked-image-manager.html>
- [16] *Unity: Order of execution for event functions* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/ExecutionOrder.html>
- [17] *Unity: Welcome to the Unity Scripting Reference!* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/>
- [18] *Unity3d with AR Foundation - How To Instantiate A Game Object Per Tracked Image?* [online]. YouTube, 24.9.2019 [cit. 2023-12-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=iM0ghkvsRos>
- [19] *Úvod do tématu: Rozšířená realita (AR) ve vzdělávání: O2 Chytrá škola* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://vyuka.o2chytraskola.cz/clanek/54/rozsirena-realita-ar-ve-vzdelavani>
- [20] *XR Interaction Toolkit: XR Interaction Toolkit: 0.9.4-preview* [online]. [cit. 2023-12-17]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/tages/com.unity.xr.interaction.toolkit@0.9/manual/index.html>

Seznam obrázků

2.1 Vytvoření cylinderu v 3Ds Maxu	7
--	---

2.2	Tvorba dalších částí pístu.	8
2.3	Editablen Poly a nastavení viditelnosti hran.	8
2.4	Spojení a vytahnutí hran.	9
2.5	Spojení hrany a úprava tvaru objektu pomocí Scale.	9
2.6	Spojení všech objektů do jednoho.	9
2.7	Ukázka vytvoření nového materiálu a materiálů již vytvořených.	10
3.1	Ukázka hierarchie aktivní scény projektu.	11
3.2	Ukázka podsložek v projektu.	12
3.3	Zvolení platformy a scripty připnuty k AR Session Originu.	12
3.4	Ukázka obrázku a modelu domu, který se na něm zobrazí.	15
3.5	obrázek, na kterém se zobrazí modely součástky.	16
3.6	3D modely pístu a kladky.	16
3.7	3D modely modulu s vypínači a pneumatického škrtiče.	16
3.8	Ukázka obrázku, na kterém se zobrazí model počítače.	17
3.9	3D objekt počítače s označenými komponenty zahrnující: paměti RAM, základní desku, procesor, grafickou kartu, napájecí zdroj počítače a SSD disk.	17
3.10	3D modely procesoru a SSD disku.	18
3.11	3D modely napájecího zdroje počítače a paměti RAM.	18
3.12	3D objekt grafické karty.	18
3.13	Ukázka obrázku a modelu dámy, který se na něm zobrazí.	19
3.14	Ukázka obrázku pro spuštění kreslení a výběru barvy kreslení.	20