

Design dětské hračky na principu rozšířené reality

Ing. Štěpán Dlabaja, Ph.D.

Teze disertační práce



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Teze disertační práce

Design dětské hračky na principu rozšířené reality
Design of a toy using augmented reality

Autor: Ing. Štěpán Dlabaja, Ph.D.

Studijní program: Výtvarná umění (P8206)

Studijní obor: Multimédia a design (8206V102)

Školitel: doc. MgA. Martin Surman, ArtD.

Oponenti: prof. akad. soch. Peter Paliatka
doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

Zlín, říjen 2023

© Štěpán Dlabaja

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis**.

Publikace byla vydána v roce 2023

Klíčová slova: Rozšířená realita, optická detekce, ArUco marker, detekce pozice, generátor map, simulace rostlin, Unity engine, simulace, vzdělávání, interakce v reálném čase, průmyslový design

Key words: Augmented reality, optical detection, ArUco marker, position detection, map generator, plant simulation, Unity engine, simulation, education, realtime interaction, industrial design

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7678-208-2

ABSTRAKT

Disertační práce se zabývá vymezením dětské hračky na principu rozšířené reality a jejím samotným vývojem. v teoretické části se práce věnuje především analýze současné produkce na trhu v tomto segmentu, typickým prvkům, které jsou u těchto produktů využívány a kritickému zhodnocení konkrétních aplikací rozšířené reality, jejich funkčnosti a odůvodněnosti použití. Následující část práce je věnována analýze a srovnání různých technologií používaných ke zobrazení rozšířené reality, a to především z hlediska poměru imerze/ovladatelnost/cena.

Praktická část práce je zaměřena na návrh a vývoj finálního produktu ve dvou rovinách. První rovinou je designérská práce, tedy návrh, tvorba virtuálního modelu a 3D dat, výroba a testování fyzického prototypu hračky formou iterativního procesu. Druhou rovinou je softwarové řešení produktu ve formě návrhu a programování doprovodné aplikace, včetně jejího vydání na zvolené platformě.

ABSTRACT

The scope of dissertation thesis is to define a children's toys based on the augmented reality and then its development itself. In the theoretical part, the work mainly focuses on the analysis of production on the market in this segment, the typical elements that are used in these products and the critical evaluation of specific applications of augmented reality, their functionality and justification of use. The following part of the work is devoted to the analysis and comparison of various technologies used to display augmented reality, primarily in the scope of the immersion/controllability/price ratio.

The practical part of the work is focused on the design and development of the final product on two levels. The first scope is the design work, i.e. the design, modeling, production and testing of physical parts of toy as an iterative process. The second level is the software solution of the product in the form of design and programming of the accompanying application, including its release on the chosen platform.

Poděkování

Děkuji panu doc. MgA. Martinu Surmanovi, ArtD. za vedení práce, ochotu konzultovat i ty nejmenší detaily a vstřícnost a podporu během celého studia. Další dík patří panu Ing. Tomáši Dulíkovi PhD. Za odborné konzultace technických řešení a pomoc při hledání spolupráce s FAI UTB. Děkuji také paní Bc. et Ing. Blance Šťastné za ochotnou podporu a pomoc při administraci IGA grantu, který byl s touto prací svázaný. Důležitou roli sehráli i studenti Bc. Tomáš Hanáček a BcA. Tadeáš Kříbek, kteří pomohli realizovat některé dílčí úkoly při řešení prototypu, kterým tímto také děkuji. V neposlední řadě patří dík mé rodině a blízkým, kteří mě po dobu studia podporovali a umožnili mi ho tak zdárně dokončit.

OBSAH

ÚVOD	9
1. CÍLE PRÁCE	10
1.1 VÝZKUMNÁ OTÁZKA: JAK SOUČASNÉ PRODUKTY NA TRHU VYUŽÍVAJÍ AKTUÁLNÍCH MOŽNOSTÍ NA POLI ROZŠÍŘENÉ REALITY?	10
1.1.1 Použité metody:	10
1.2 VÝZKUMNÁ OTÁZKA: JAKÉ ZAŘÍZENÍ JE V DNEŠNÍ DOBĚ NEJVHODNĚJŠÍ KE ZOBRAZOVÁNÍ ROZŠÍŘENÉ REALITY V KONTEXTU DĚTSKÉ HRAČKY?	12
1.2.1 Použité metody	12
1.3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA: JAKÁ JE NEJVHODNĚJŠÍ METODA DETEKCE FYZICKÝCH OBJEKTŮ PRO VYUŽITÍ V ROZŠÍŘENÉ REALITĚ?	13
1.3.1 Použité metody	13
1.4 VÝZKUMNÁ OTÁZKA: JAKÉ MATERIÁLY BUDOU NEJVHODNĚJŠÍ NA VÝROBU PROTOTYPU?	13
1.4.1 Použité metody	14
1.5 VÝZKUMNÁ OTÁZKA: JE MOŽNÉ PŘI VÝVOJI PRACOVAT S NOVÝMI TECHNOLOGIEMI UMĚLÉ INTELIGENCE?	14
1.5.1 Použité metody:	14
1.6 PŘÍNOSY PRO VĚDU A VÝZKUM	14
2. ANALÝZA	16
2.1 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE	16
2.1.1 Hračka	16
2.1.2 Virtuální, rozšířená a mixovaná realita	16
2.2 SOUČASNÝ STAV TRHU	17
2.3 TECHNOLOGIE ROZŠÍŘENÉ REALITY	19
2.3.1 Zařízení pro zobrazování rozšířené reality	19
2.3.2 Vícekriteriální analýza zobrazovacích technologií	20
3. PRAKTICKÁ ČÁST	23
3.1 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI A JEJÍ CÍLE	23
3.1.1 Volba tematického zamření případové studie	23
3.1.2 Alternativní možnosti zaměření produktu	24
3.1.3 Technologie zobrazení	25

3.1.4	Výběr vhodných markerů pro optickou detekci kostek.....	26
3.1	VÝVOJ FYZICKÉHO PRODUKTU	27
3.1.1	Využití umělé inteligence v procesu navrhování.....	28
3.1.2	Finální tvarové řešení.....	29
3.1.3	Ergonomie.....	31
3.1.4	Bezpečnost a hygiena.....	33
3.1.5	Barevné a grafické řešení.....	34
3.2	VÝVOJ APLIKACE.....	35
3.2.1	Jádro	36
3.2.2	Hratelnost	38
3.2.3	Grafické prvky	39
4.	FOTODOKUMENTACE FINÁLNÍHO PROTOTYPU	42
5.	DISKUZE	43
5.1	PSYCHOLOGICKÁ, SOCIÁLNÍ, EKONOMICKÁ A EKOLOGICKÁ FUNKCE....	43
5.2	PŘÍNOS PRO VĚDU, VÝZKUM, PRAXI.....	44
6.	ZÁVĚR	45
7.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRÁTEK A SYMBOLŮ	47
9.	BIBLIOGRAFIE	48
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	51
11.	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	52
12.	SEZNAM PŘÍLOH	53

ÚVOD

Disertační práce se zabývá vývojem dětské hračky ve formě modulární platformy, využívající principů rozšířené a virtuální reality. Tyto technologie, obecně shrnuté v pojmu *extended reality*, se čím dál více stávají součástí mnoha procesů v průmyslu, zdravotnictví i dalších odvětvích lidské činnosti. Dětská hračka se tedy nabízí jako optimální způsob, jak děti s těmito technologiemi nenásilnou cestou seznámit. Zároveň se jedná o pole do značné míry neprobádané, kdy produktů na trhu není mnoho a spousta z nich má ještě pořád značné limity.

Vzhledem ke klesajícím cenám vybavení potřebného ke zobrazení rozšířené a virtuální reality a celkové demokratizaci odvětví se dá očekávat, že se v následujících letech tyto technologie častěji promítnou i do produktů, jako je právě dětská hračka. v současné době se již objevují různě zdařilé pokusy o implementaci těchto technologií v hračkářském a herním průmyslu, které jsou však často jednoúčelové, případně je využití rozšířené reality spíše sporné.

Vyvíjející se technologie umožňují dosáhnout větší hloubky interakcí mezi fyzickým a virtuálním světem, což v dnešní době není stále standardem. Produkt využívající těchto technologií, cílený na náročného dětského uživatele, zvyklého z mobilních telefonů na vysoké množství audiovizuálních podnětů, by měl tyto vrstvy interakce vhodně integrovat a zároveň zajistit filozoficky, psychologicky i environmentálně zodpovědné řešení, které bude mít na vývoj dítěte příznivý vliv, ale současně pro něj bude dostatečně poutavé.

Konkrétním výstupem práce je modulární platforma složená z hrací desky a 48 herních figur, které jsou snímány kamerou a na základě jejich polohy na hrací desce s nimi lze dále pracovat. Možné aplikace tohoto principu jsou různé, nicméně pro účely disertační práce byla vybraná konkrétní případová studie interaktivní mapy. Každá figura reprezentuje určitý biom. Na základě polohy figur na desce se generuje mapa, kterou je možné v rozšířené realitě zobrazovat a dále s ní interagovat.

1. Cíle práce

Hlavním cílem disertační práce je navrhnout dětskou hračku, která bude sloužit jako modulární, škálovatelná platforma pro vývoj různých her a aplikací, využívajících rozšířené a virtuální reality. Součástí tohoto návrhu bude i případová studie jedné z možných aplikací, zaměřená na interaktivní poznávání přírody, která bude sloužit jako ověření konceptu. Několik dalších možných aplikací pro tuto platformu bude textově popsáno jako možný základ pro další rozvoj produktu. Výsledná hračka, bude realizována jako funkční prototyp a bude tedy reprezentovat praktickou část práce. K praktickému výstupu primárně směřuje teoretická část a tento výstup bude ukázkou současných možností rozšířené reality na poli dětských hraček a didaktických pomůcek.

Finální produkt by měl oproti současným řešením více prohloubit možnosti interakce reálného a virtuálního světa a zároveň zajistit, díky aplikaci rozšířené reality, vysokou variabilitu finálního řešení, která není pro běžné hračky, ani didaktické pomůcky příliš obvyklá. S realizací projektu se pojí následující dílčí cíle a výzkumné otázky, kterých je třeba na cestě k finálnímu výstupu dosáhnout:

1.1 Výzkumná otázka: Jak současné produkty na trhu využívají aktuálních možností na poli rozšířené reality?

Cílem této fáze výzkumu je vybrat významné produkty na trhu s cílem zmapovat míru interaktivity, odůvodněnost jejího použití a zároveň zhodnocení designérských kvalit těchto produktů.

1.1.1 Použité metody:

Výzkum od stolu

Výzkum od stolu přináší designérovi rychlý přehled o současném stavu poznání [1]. v případě rozšířené reality je využití této metody vhodné, jelikož se ze své podstaty jedná o digitální věc, je tedy dobře zadokumentovaná řadou výzkumů i již funkčních řešení vyvíjených technologicky vyspělými firmami, které dobře reprezentují nejmodernější trendy a technologie používané v tomto odvětví.

Cílem této části práce je kvalitativní srovnání hraček existujících na trhu, především pak těchto jejich parametrů: Kvalita implementace (možnosti interakce, spolehlivost mapování, potenciální škálovatelnost) a technická pokročilost rozšířené reality (typ trackovaného markeru, možná cílová zařízení, využití současných technologií), odůvodnění použití rozšířené reality, princip hračky – idea, vhodnost pro cílovou skupinu, designérské zpracování

Rozhodovací matice – vícekritériální analýza

Rozhodovací matice se používá v případech, kdy je třeba kvalitativně ohodnotit jednotlivé varianty [2]. Produkty vybrané a okomentované v předchozím výzkumu od stolu budou vloženy do hodnotící tabulky jako varianty a hodnoceny podle následujících kritérií na škále: 0 – zcela nevyhovuje, 1 – vyhovuje s výhradami, 2 – zcela vyhovuje.

- Interaktivita virtuální složky: Do jaké míry je možné ovlivňovat dění ve virtuální aplikaci ze zobrazovacího zařízení (např. mobilního telefonu)?
- Interaktivita na ose fyzická složka → virtuální složka – Do jaké míry je možné ovlivnit dění ve virtuální složce interakcí s fyzickou složkou?
- Interaktivita na ose virtuální složka → fyzická složka – Do jaké míry je možné zpětně ovlivnit fyzickou složku interakcí s virtuální složkou?
- Odůvodněnost použití rozšířené reality – Do jaké míry by produkt zhoršilo, pokud by byl čistě fyzický/virtuální? Dává použití rozšířené reality smysl z filosofického hlediska daného produktu?
- Průměrná cena na trhu – orientační, nehodnocené kritérium, s cílem ukázat, jestli vyšší cena koreluje s kvalitou implementace rozšířené reality. Průměrná cena bude vypočítána jako aritmetický průměr cen na některém z volně dostupných internetových agregátorů.

Kritéria byla zvolena tak, aby dohromady co možná nejlépe postihovala možné způsoby interakce s hračkou. Finální klasifikace daného produktu bude dána součtem jednotlivých kritérií, kdy všechny parametry budou mít stejnou váhu [3]. v případě shody v hodnocení, bude jako dodatečné kritérium použita průměrná cena na trhu.

1.2 Výzkumná otázka: Jaké zařízení je v dnešní době nejvhodnější ke zobrazování rozšířené reality v kontextu dětské hračky?

Cílem této části práce je vybrat nejtypičtější zařízení na trhu, která je možné použít ke zobrazování rozšířené reality, a z nich dále vybrat nejvhodnější pro vývoj prototypované případové studie.

1.2.1 Použité metody

Výzkum od stolu

Výběr nejvhodnějšího zařízení je v tomto případě z hlediska samotného vývoje spíše formální. Respektive, vzhledem k tomu, že současná vývojová prostředí umožňují export na prakticky libovolnou platformu, je možné vyvinout konkrétní řešení pro jednu vybranou platformu a následně ji s drobnými změnami (například změnou ovládání) exportovat pro platformu jinou. Cílem výzkumu od stolu je tedy v tomto případě spíše výčet a představní jednotlivých alternativ, se kterými je možné při vývoji počítat.

Rozhodovací matice – vícekriteriální analýza

Pro případovou studii bude vybráno jedno konkrétní zařízení, se kterým bude prototyp pracovat. v kontextu dětské hračky a vzhledem k výše zmíněnému, možnému multiplatformnímu vývoji budou zvoleny následující parametry kriteriální analýzy:

- Cena – Očekávaná vstupní pořizovací cena zařízení (3 - do 5 000 Kč, 2 - od 5 000 do 15 000 Kč, 1 – nad 15 000 Kč)
- Běžná dostupnost v populaci – Cílem parametru je zhodnotit, do jaké míry je pravděpodobné, že uživatel už dané zařízení vlastní (3 – vysoce pravděpodobné, 2 – možné, 1 – vysoce nepravděpodobné)
- Míra imerze – Do jaké míry zařízení dokáže poskytnout imerzní zážitky (3 – vysoce imerzní, 2 – imerzní s výhradami, 1 – nízké imerzní)
- Odolnost – předpokládaná míra odolnosti proti poškození (3 – vysoce odolné, 2 – běžně odolné, 1 - neodolné)

Finální klasifikace daného produktu bude dána součtem jednotlivých kritérií, kdy všechny parametry budou mít stejnou váhu [4]. Produkt s nejvyšším součtem bude vybrán jako doplňkové zařízení k prototypu. v případě shody bude zvolen doplňující parametr.

1.3 Výzkumná otázka: Jaká je nejvhodnější metoda detekce fyzických objektů pro využití v rozšířené realitě?

V průběhu vývoje fyzického prototypu bude třeba se vypořádat s vhodným způsobem detekce fyzických objektů pro účely rozšířené reality. Tato část práce bude rozdělena na dva celky.

1.3.1 Použité metody

Expertní rozhovor

První celek bude tvořit výběr rámcového směru detekce, který bude realizován formou expertního rozhovoru s Ing. Tomáš Dulíkem, PhD. z FAI UTB Zlín. Jeho znalost problematiky zaručí efektivní a informovaný výběr technologického řešení [4]. Osou tohoto prvotního výběru bude volba mezi využitím elektroniky ve figurách k detekci jejich polohy na hrací desce, nebo různé způsoby optické detekce.

Experimentální vývoj

Na základě určeného směru se pak bude student FAI UTB Tomáš Hanáček věnovat v rámci své bakalářské práce vývoji konkrétních variant možné detekce. Formou experimentálního vývoje bude zjišťována spolehlivost jednotlivých možností a pro realizaci finálního prototypu bude následně vybrána nejspolehlivější z nich, která však bude zároveň esteticky vyhovující. Metodika a parametry hodnocení spolehlivosti budou závislé na zvolené technologii. Výsledky experimentální fáze vývoje mohou být dále abstrahovány i na vývoj jiných produktů využívajících rozšířené reality, případně detekce fyzických objektů obecně.

1.4 Výzkumná otázka: Jaké materiály budou nejvhodnější na výrobu prototypu?

Jedním z cílů práce je vyvinout prototyp z materiálů, kterou budou pro uživatele vhodné, příjemné, probouzející představivost, ale zároveň ekologicky šetrné a udržitelné. Pro tyto účely bude realizován experimentální vývoj několika variant, ze kterých bude zvoleno, co možná nejoptimálnější řešení.

1.4.1 Použité metody

Rapid prototyping

Z výše uvedených důvodů bude využito metod experimentálního vývoje a rapid prototypingu, který umožňuje pomocí moderních 3D, aditivních a CNC technologií rychle prototypovat a testovat různé tvarové a materiálové varianty [5]. Tímto způsobem bude vyrobeno několik materiálových variant výrobku, které budou následně podrobeny multikriteriální analýze. Aplikován bude takzvaný iterativní vývoj, kdy jsou jednotlivé části testovány v cyklech tak, aby bylo dosaženo optimálního výsledku [6].

1.5 Výzkumná otázka: Je možné při vývoji pracovat s novými technologiemi umělé inteligence?

Se současným rozvojem moderních technologií strojového učení a umělé inteligence se objevují nové možnosti, jak je implementovat do designérského procesu. Cílem této části je jednak zmapovat do jaké míry lze implementovat technologie Text to Image generování do konkrétního fyzického produktu a následně takový produkt prototypovat. Druhou fází je pak zjistit, jestli je možné doprovodnou aplikaci programovat s pomocí textových modelů umělé inteligence. Definovat metodiku práce s nimi a analyzovat do jaké míry mohou být tyto technologie implementovány do vývojového procesu s ohledem na designérovu znalost programování.

1.5.1 Použité metody:

Experimentální vývoj

Tato část bude realizována pomocí experimentu, kdy bude hodnocena především funkčnost a náročnost takového řešení. Využity budou aktuální modely různých nástrojů umělé inteligence jako je například Midjourney, Stable Diffusion nebo textový model ChatGPT 3. Programy vytvořené pomocí umělé inteligence budou přeneseny do herního enginu Unity, kde bude následně hodnocena jejich funkčnost. v případě, že programy nefunkční nebudou, bude zhodnocena obtížnost nalezení takové v kontextu programátor/laik a následná schopnost umělé inteligence tuto chybu opravit.

1.6 Přínosy pro vědu a výzkum

Teoretická část práce si klade za cíl zmapovat současnou situaci na poli dětských produktů využívajících rozšířenou realitu. Výsledky této analýzy je možno dále využít jako základní kámen pro vývoj jiného produktu založeného na principech rozšířené reality, a to vzhledem k přehledné kvalifikaci jednotlivých

přístupů k interaktivitě samotného produktu, kdy jsou zastoupeny všechny typy produktů od čistě virtuálních, až po elektronické, fyzické produkty, které dokáží přímo reagovat na dění v rozšířené realitě.

Technologickou analýzu lze aplikovat obecněji na produkt využívající rozšířenou realitu jako takový. Z hlediska výzkumu je podstatná zejména část realizovaná ve spolupráci s fakultou aplikované informatiky, která analyzuje různé možnosti detekce fyzických objektů, a to z hlediska technického, finančního, a především z hlediska možností aplikace v reálném produktu.

Praktická část práce si dává za cíl vývoj konkrétního produktu, nicméně nastiňuje další možnosti jeho rozvoje nebo možnosti jeho aplikace v jiných oborech. Principy aplikované při vývoji aplikace pro mobilní telefon ukazují možnosti převodu dat získaných z reálného světa do digitální podoby, a tím pokládají základ pro vývoj dalších produktů využívajících procedurálního generování obsahu založeném na reálných datech.

2. Analýza

2.1 Základní pojmy a definice

2.1.1 Hračka

Hračka, tedy předmět určený k dětské hře, provází lidstvo prakticky od počátku věků. v průběhu této doby se samozřejmě vyvíjela, a to jak svou ideou, tak i tvarem a materiálem. Od původních, ručně vyráběných hraček ze dřeva a tradičních materiálů se dnešní produkce hraček posunula především k sériově vyráběným artiklům, u kterých se dominantním materiálem stal plast. [7]

Dle legislativy je hračka definována jako produkt, navržený (výlučně i nevýlučně) ke hraní dětem do čtrnácti let věku. Svým určením je pak hračka důležitým a nezastupitelným produktem v životě dítěte, který přispívá ke správnému psychologickému i motorickému vývoji dítěte. [7]

Dětská hračka se stejně jako v minulosti musí vyvíjet i nadále tak, aby reflektovala potřeby a touhy dnešních dětí. Lze očekávat i pozorovat, že mobilní telefony se budou stále více stávat běžnou součástí dětské hry, ať už jako její doplněk, nebo jako její přímý zdroj. Integrace chytrých technologií do budoucích hraček a jejich propojení s telefony a tablety, tak bude jednou z možných cest, jak hračkám uchovat jejich aktuálnost.

2.1.2 Virtuální, rozšířená a mixovaná realita

Tři pojmy uvedené v nadpisu, tedy virtuální, rozšířená a mixovaná realita, tvoří celek, který je obecně nazýván termínem extended reality. Tyto jednotlivé pojmy mohou být často zaměňovány, neboť se především pro laickou veřejnost může jejich rozčlenění jevit jako matoucí a nejasné. Tato kapitola si dává za cíl zmapovat rozdíly mezi jednotlivými technologiemi tak, aby jejich aplikace v rámci analýzy a následné praktické části této disertační práce mohla být jasně definovatelná a rozpoznatelná. Je však třeba zmínit, že většinu dnešních aplikací a her nelze úplně přesně rozdělit do těchto tří kategorií, neboť se často pohybují někde na hranici, a to většinou buď z technologických nebo bezpečnostních důvodů. Důležitým pojmem je takzvané virtuální kontinuum, což je koncept, který mapuje a škáluje různé možnosti mezi kompletně reálným a zcela virtuálním světem. [8]

Rozšířená realita

Rozšířená realita (augmented reality) je technologie, která umožňuje umístit virtuální objekty do reálného světa a vytvořit tak iluzi, že v něm skutečně jsou. v rozšířené realitě však není možná interakce mezi digitální a fyzickou složkou uživatelského zážitku. Svým charakterem je tak především informativní a z výše zmíněných technologií má ve virtuálním kontinuu nejbližší k reálnému světu [8].

Dle Azumy virtuální realita neumožňuje člověku vnímat reálný svět, nachází-li se v ní. Rozšířená realita je pak její variací, která člověku reálný svět umožňuje vnímat, doplněný o další informace. Na rozdíl o virtuální reality reálný svět nenahrazuje, ale pouze doplňuje [9]. Ze tří zmíněných technologií je pro běžnou veřejnost asi nejznámější, protože dobře funguje i na obyčejném chytrém telefonu a stala se součástí mnoha známých her i praktických aplikací. Typickým příkladem může být aplikace, která při zaměření fotoaparátu do krajiny zvýrazní důležité krajinné body, vypíše názvy viditelných hor apod.

2.2 Současný stav trhu

Dětský segment rozšířené reality je v současné době úzce zaměřen na rozšířenou realitu distribuovanou mobilními telefony. To lze přisuzovat skutečnosti, že cena headsetů pro rozšířenou realitu je stále velmi vysoká. Tato zařízení jsou často pro vývojáře a především pro cílovou skupinu nedostupná. Dětskou produkci můžeme obecně rozdělit na samostatné aplikace a aplikace vyžadující ke své funkci nějakou fyzickou hračku (věc). Především druhou jmenovanou kategorií lze považovat za současný trend, kdy nové a stále dokonalejší produkty přicházejí na trh a nabízejí vysokou míru interakce mezi dítětem – hračkou – aplikací. Vícekriteriální analýza produktů

Následující tabulka prezentuje srovnání produktů, zmíněných v předchozí analýze, v rámci parametrů možných interakcí s rozšířenou realitou. Doplňkovým parametrem je v tomto případě cena, která je dána průměrnou cenou na agregátoru Heureka k 27.12.2022.

tab. 2-1 Vícekriteriální analýza současných produktů na trhu

Produkt	Inter-akti-vita virtu-ální složky	Inter-akti-vita – fyz. > vir. složka	Inter-akti-vita – vir. > fyz. složka	Odů-vodně-nost použití XR	Průměrná cena
Pokémon GO	2	1	1	2	Zdarma (obsahuje mikrotransakce)
Minecraft Earth	3	1	1	2	Zdarma (obsahuje mikrotransakce)
AR Tanks	3	1	1	2	60 Kč
Lego Hidden side	3	3	1	3	575 Kč
Lego Vidiyo	3	2	1	1	401 Kč
Mario Kart Live: Home Circuit	3	3	3	3	2 379 Kč + Nintendo Switch (6 038 Kč)

Legenda: Interaktivita virtuální složky, Interaktivita na ose fyzická > virtuální složka, Interaktivita na ose virtuální > fyzická složka, Odůvodněnost použití technologií XR. Všechna kritéria mají stejnou váhu a jsou hodnoceny na škále 1 – nevyhovuje, 2 – vyhovuje s výhradami, 3 – vyhovuje

Z tabulky lze vyčíst, že mezi cenou produktu a kvalitativní úrovní rozšířené reality existuje korelace. Nejdražší produkt, tedy Mario Kart Live: Home Circuit [10] obdržel jako jediný maximální možné hodnocení. Dlužno podotknout, že vstupní náklady jsou v případě tohoto produktu řádově vyšší než u ostatních.

Druhý nejvyšší počet bodů obdržel Lego Hidden side [11]. U této stavebnice je míra interaktivity částečně dána konkrétním typem stavebnice, kdy větší produkty nabízejí více hracích prvků, avšak za výrazně vyšší cenu.

Ostatní analyzované produkty obdržely srovnatelný počet bodů a nelze u nich pozorovat výraznější rozdíly, byť v plnění jednotlivých kategorií se od sebe vzájemně liší.

Jako nejhorší lze hodnotit produkt Lego Vidiyo [12], který sice nezískal nejnížší počet bodů (7; nejnížší známka 6), ale v kontextu ceny za jeden produkt se vyplácí z uvedených možností nejméně.

V rámci produktu určeného pro děti je třeba zmínit mikrotransakce, které se vyskytují u prvních dvou produktů a které mohou být v případě neopatrnosti rodičů návykové a nebezpečné.

2.3 Technologie rozšířené reality

Technické možnosti rozšířené reality jsou již dnes na velmi vysoké úrovni a stále se zlepšují. Pokročilé technologie mobilních fotoaparátů, jako je například LiDAR nebo více objektivů umožňují softwaru velmi přesně porozumět vlastnostem snímaného prostředí a zajistit tak vysokou uvěřitelnost rozšířené reality. Průkopníky v tomto odvětví jsou dnes především Google a iOS a jejich knihovny ARCore [13] a ARKit [14], které demokratizují možnost vývoje aplikací pro rozšířenou realitu a zároveň zaručují vývojářům přístup k nejmodernějším technologiím, vyvíjeným přímo výrobcem hardwaru.

Vývojové prostředí Unity

Standardem pro vývoj aplikací pro rozšířenou a virtuální realitu je herní engine Unity. Jeho hlavní výhodou je skutečnost, že umožňuje vývoj na více platformách zároveň. Toto umožňují i jiná, konkurenční řešení, jako je například Unreal engine, nicméně svým užším zaměřením na mobilní platformy se Unity jeví jako výhodnější varianta. Unity zároveň ve svém systému ARFoundation integruje, jak knihovnu ARKit, tak i knihovnu ARCore. Lze tedy vyvíjet aplikace pro oba tyto systémy zároveň, byť s určitými omezeními plynoucími z vzájemné absence některých funkcí u těchto dvou knihoven. Unity vyvíjí svou vlastní nástavbu MARS, která slouží k rychlejšímu vývoji aplikací zaměřených právě na rozšířenou realitu. Hlavní výhodou tohoto řešení oproti konkurenci, je možnost testovat vyvíjené řešení přímo v editoru, v syntetickém 3D prostředí, což umožňuje daleko rychlejší vývoj, než kdyby se každé nové řešení muselo vyexportovat na mobilní telefon a testovat tam.

Alternativou k nástavbě MARS, je plugin Vuforia, který je vyvíjen třetí stranou, konkrétně společností PTC. Vuforia sice neposkytuje tak široké možnosti syntetických testů, na druhou stranu je však dlouhodobě zaběhnutá a umožňuje relativně bezproblémovou implementaci. Oproti Unity MARS nabízí více možností z hlediska detekce, jako je například detekce naskenovaného 3D objektu, nebo detekce s využitím neuronových sítí a umělé inteligence [15].

2.3.1 Zařízení pro zobrazování rozšířené reality

Ačkoliv samotná technologie detekce a sledování objektů je dnes již velmi pokročilá, technologie zobrazování rozšířené reality uživateli stále není dokonalá

a nezajišťuje dostatečnou imerzi. Samotná vizualizace virtuálního objektu do scény funguje dobře, zvláště v posledních letech pokročila díky inteligentnímu systému nasvícení virtuálního objektu, který počítá se světelností a barevností prostředí snímaného kamerou.

2.3.2 Vícekriteriální analýza zobrazovacích technologií

Následující tabulka prezentuje srovnání produktů, zmíněných v předchozí analýze, v rámci parametrů možných interakcí s rozšířenou realitou. Doplnkovým parametrem je v tomto případě cena, která je dána průměrnou cenou na agregátoru Heureka k 27.12.2022.

tab. 2-2 Vícekriteriální analýza zobrazovacích technologií

Produkt	Cena	Běžná dostupnost	Míra imerze	Odolnost
Mobilní telefon	3	3	1	2
Mobilní telefon + Holokit	3	2	2	2
Meta Quest 2	2	2	2	2
Meta Quest Pro	1	1	3	2
HoloLens 2	1	1	2	1
Magic Leap 1	1	1	2	2
Apple Vision Pro	1	1	3	2

Legenda: Cena – Očekávaná vstupní pořizovací cena zařízení (3 - do 5 000 Kč, 2 - od 5 000 do 15 000 Kč, 1 – nad 15 000 Kč), Běžná dostupnost v populaci – Cílem parametru je zhodnotit, do jaké míry je pravděpodobné, že uživatel už dané zařízení vlastní (3 – vysoce pravděpodobné, 2 – možné, 1 – vysoce nepravděpodobné), Míra imerze – Do jaké míry zařízení dokáže poskytnout imerzní zážitek (3 – vysoce imerzní, 2 – imerzní s výhradami, 1 – nízké imerzní), Odolnost – předpokládaná míra odolnosti proti poškození (3 – vysoce odolné, 2 – běžně odolné, 1 - neodolné)

Prostým součtem hodnotících kritérií vychází jako nejlepší varianta buď mobilní telefon nebo mobilní telefon v kombinaci s Holokit [16]. Vysoký součet bodů (9) je dán především relativně nízkou pořizovací cenou a vysokou dostupností.

Meta Quest 2 [17] je se součtem 8 bodů druhou volbou. Jeho výhodou je, že v žádném parametru neztrácí, ale ani silně nevyčnívá. v případě, že by dokázal rozšířenou realitu zobrazovat barevně a ve vyšší kvalitě, byl by i za vyšší cenu lepší alternativou než mobilní telefon.

Stejně bodové hodnocení mají Meta Quest Pro [18] a Apple Vision Pro [19]. Oba nabízí koncepčně podobnou technologii, založenou na promítání obrazu z kamer na displeje v headsetu. v přímém srovnání nabízí Apple pokročilejší technologie, ale za téměř dvojnásobnou cenu.

Nejhůře dopadly headsety určené přímo pro zobrazování rozšířené reality. Tedy headsety, které používají skleněné hledí, na něž se promítá virtuální složka obrazu. Tyto headsety jsou velmi drahé a mají tendenci být dosti křehké, díky

velkému množství použitého skla. Imerze je omezena faktem, že obraz promítaný na sklo vypadá holograficky, což omezuje čitelnost barev, viditelnost na světle a uvěřitelnost podání.

3. Praktická část

3.1 Úvod do praktické části a její cíle

Na základě teoretické rešerše bylo navrženo konkrétní řešení modulární platformy, které bude představeno v následujících kapitolách.

Cílem praktické části práce je vyvinout tuto modulární platformu, která bude na rozdíl od konkurenčních řešení univerzální a bude tak nabízet více možných způsobů aplikace. Součástí bude i konkrétní případová studie, která bude sloužit jako studie proveditelnosti a bude zaměřena především na dětské uživatele. Zamyšlený systém bude sestávat ze dvou celků, které mezi sebou mohou vzájemně interagovat. První část tvoří fyzická hrací plocha, jež představuje pomyslnou kotvu s reálným světem a pomáhá zlepšovat dětskou motoriku. v konkrétní případové studii pak uživatelé z nabízených druhů hracích sestavují mapu, což jim dodává určitou míru kreativní svobody a následnou možnou personalizaci svého herně-vzdělávacího zážitku.

Druhým rámcem je mobilní aplikace pro rozšířenou realitu. Zde software převede kostky rozmístěné na herním plánu do podoby virtuální mapy, kterou mohou žáci v rozšířené realitě pozorovat, a dosáhne tak vizuálnější reprezentaci daného prostředí. S touto mapou pak mohou uživatelé v rozšířené realitě dále interagovat. Cílem je navrhnout systém škálovatelně a univerzálně, aby mohl být aplikován k dosažení různých cílů. v rámci projektu bude nastíněno několik dalších případových studií, které budou vhodně reprezentovat možnosti systému. Příkladem rozšíření stávající studie může být například zjednodušená simulace meteorologických jevů na mapě, fauna a flóra vybraných, na mapě vyskládaných, biomů, znázornění historie apod. Nabízejí se však i řešení se zcela odlišnou tematikou, která budou v následujícím textu zmíněna jako možné směry budoucího vývoje.

3.1.1 Volba tematického zamření případové studie

Z předmětů vyučovaných na základní škole se jako vhodné jeví tyto: matematika, fyzika, chemie, přírodopis, dějepis, zeměpis a informatika. v každém ze zmíněných předmětů by bylo možné nějakým způsobem implementovat rozšířenou realitu. Jako vhodná pro demonstraci technických možností byla nakonec zvolena kombinace přírodopis/zeměpis, což umožní několik výhod oproti konvenční výuce. První výhodou je možnost prohlédnout si věci a jevy nám vzdálené v prostředí interaktivnějším, než je běžná projekce spojená s výkladem. Druhou výhodou je možnost pozorovat globální, popřípadě časově náročné jevy ve zmenšeném a zrychleném měřítku.

3.1.2 Alternativní možnosti zaměření produktu

Díky využití poměrně jednoduchého principu figur a hrací desky v podobě mřížky je možné v rámci jednoho produktu vytvořit více her s různým zaměřením. Množství kostek lze libovolně škálovat a hru tak v budoucnu rozšiřovat o další prvky. Stejně tak lze rozšiřovat i hrací desku, kdy by větší rastr mohl nabídnout zajímavější aplikace i větší míru přizpůsobení, což by mohlo přinést zajímavé možnosti i v jiných oborech, než je pedagogika.

Alternativním využitím by mohlo být například urbanistické plánování. v závislosti na velikosti herní mřížky by se dal tento režim využít jak v pedagogice, tak teoreticky i v profesionální sféře. v tomto režimu by každá kostka reprezentovala určitý typ zástavby – dům, silnice, křižovatka, rozvodna apod. Po rozmístění kostek na hrací plochu by se pak v rozšířené realitě vykreslilo město a spustila se simulace. Bylo by tak možné vysoce intuitivním způsobem plánovat města, případně efektivněji učit děti, jak města fungují na základě příkladu.

V případě větší mřížky by hra mohla být využita jako slepá mapa pro výuku zeměpisu, kdy by student musel figury reprezentující například biomy, nerostné bohatství nebo města, správně rozmístit po mapě. Rozšířená realita by pak poskytovala okamžitou odezvu.

V rámci výuky fyziky nebo informatiky by hra mohla simulovat stavbu elektrických nebo logických obvodů. Figury by reprezentovaly vodiče, elektronické součástky nebo logická hradla. Rozšířená realita by následně vykreslovala obvod v různých vrstvách, včetně doplňujících informací, které nejsou běžně vidět. Například velikosti různých veličin v daném místě obvodu. v případě chybného zapojení by byla naopak zvýrazněna chyba a vysvětleno, proč je dané zapojení špatné.

Pro větší názornost by zřejmě každý typ hry vyžadoval dedikované figury s vlastní grafickou úpravou. Grafická nástavba sice může být projektována na figuru pomocí rozšířené reality, ale pro lepší propojení s realitou a jednodušší práci s figurami by bylo výhodnější, pokud by figury měly odpovídající fyzický potisk.

Obecně systém figur, které lze různými způsoby skládat na předem definovanou mřížku nabízí relativně široké možnosti uplatnění v oblastech, které lze abstrahovat do podoby dvourozměrných diagramů a u kterých dává smysl rychlé a efektivní procházení a testování různých variant a kombinací. Kvadraticky narůstající velikost mřížky umožňuje experimentování i s daleko komplexnějšími problémy, než byly nastíněny výše. Nicméně je třeba si uvědomit, že zvětšování mřížky poměrně rychle narůstá jak rozměr produktu, tak hlavně potřebný počet kostek. Tedy

u větších a náročnějších problémů se simulace pomocí fyzického produktu nevyplatí.

3.1.3 Technologie zobrazení

Rozšířená realita bude zprostředkovávána prostřednictvím mobilního telefonu, který oproti ostatním řešením nabízí nižší míru imerze, ale finančně je jednoznačně nejdostupnější, což byl vzhledem ke školním prostředí nejdůležitější parametr. Doprovodná aplikace však bude počítat s možností napojení na headset, pokud se v budoucnu objeví vhodná a finančně dostupná varianta takového zařízení.

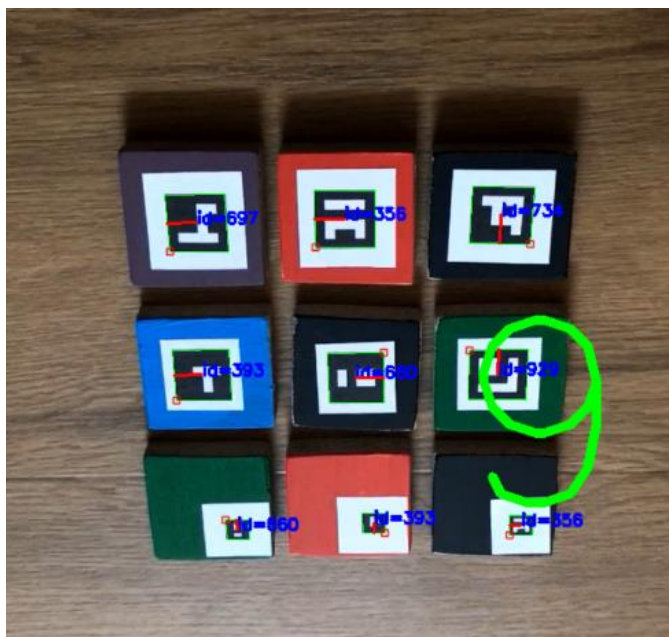
Jako alternativní zobrazovací zařízení byl zvolen headset Meta Quest 2, který již v současné době podporuje rozšířenou realitu, byť v míře, která by pro vyvíjený produkt nebyla stoprocentně použitelná, lze očekávat, že jeho nástupce posune tyto vlastnosti dál a podpora rozšířené reality bude vyšší. v takovém případě by mobilní telefon používaný pro zobrazování rozšířené reality mohl být tímto zařízením zcela nahrazen, což by značně usnadnilo ovládání celé platformy. Lze také předpokládat možné rozšíření konceptu o složku virtuální reality. v takovém případě by pak Meta Quest 2 byl v současné době nejlepší volbou.

3.1.4 Výběr vhodných markerů pro optickou detekci kostek

Vývoji detekčního algoritmu a analýze možností se věnoval student bakalářského studia Fakulty aplikované informatiky, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, Tomáš Hanáček v rámci své bakalářské práce Detekce objektů v obraze pro rozšířenou realitu [20]. v rámci experimentálního výzkumu možných řešení byly navrženy tři možné způsoby optické detekce, z nichž byl vybrán ten nejvhodnější, na základě testů.

Detekce pomocí ArUco markers

Nejvhodnější prozkoumanou metodou byla detekce pomocí takzvaných ArUco markers. ArUco markery jsou digitální binární kódy, které vzhledem připomínají klasické QR kódy. Na rozdíl od QR kódu však v sobě nenesou zakódovanou žádnou informaci a reprezentují tak pouze samy sebe. Tyto markery byly vyvinuty speciálně pro účely rozšířené reality, respektive rozpoznání z obrazu a nabízí tak vysokou spolehlivost při detekci [21]. Následným testováním se skutečně ukázalo, že detekce těchto markerů je dostatečně spolehlivá pro účely vyvíjené aplikace. Z estetického hlediska lze markery považovat za nerušivé a neutrální. Zároveň, na rozdíl od tvarů, nic neasociují a nebudou tedy na kostce působit rušivým dojmem.



obr. 3-1 Detekce pomocí ArUco markers [20]

Experimentálně bylo zjištěno, že pro kvalitní detekci by marker měl na straně figury o ploše 50 x 50 mm zabírat 25 x 25 mm. Relativně velká plocha tak na kostce zůstává k dalšímu využití v podobě grafiky, či reliéfu.

Toto řešení bylo nakonec zvoleno jako nejvhodnější pro finální prototyp produktu.

3.1 Vývoj fyzického produktu

Návrhová fáze projektu byla zahájena souběžně se spoluprací s FAI UTB. v prvotních chvílích se předpokládala spíše jiná než optická detekce herních figur, což by umožnilo větší tvarovou volnost a poutavější vizuál, nicméně především vzhledem k vysoké ceně a náročnosti na výrobu bylo od této možnosti nakonec upuštěno.

Finálně zvolená metoda optické detekce herních figur následně stanovila veškeré základní parametry, kterých bylo třeba se držet.

Základní parametry:

- Herní figury musí mít horní stranu plochou, a musí být konstruovány tak, aby na ně bylo možné snadno aplikovat marker pro optickou detekci.
- Hrací plocha musí být ohraničena detekovatelnými body tak, aby bylo možné snadno a správně určit souřadnice jednotlivých figur.
- Hrací plochu musí snímat kamera tak, aby byla celá tato plocha v záběru a kamera směřovala ideálně na její střed.
- Celou platformu musí doplňovat mikropočítač, který bude obstarávat výpočetní sílu potřebnou pro detekci.

Možnou alternativou k mikropočítači byla i přímá detekce markerů z mobilu/tabletu. Tato varianta však byla zavrhnuta ze tří důvodů.

- Mobilní telefon by ke správné detekci potřeboval složitější markery, které by však bylo komplikovanější aplikovat na hrací figury.
- Detekce markerů pohledem kamery shora se jevila jako spolehlivější, neboť je nezávislá na pohybu uživatele s kamerou, a má tak na markery vždy nejlepší možný výhled.
- Detekce velkého množství markerů pomocí mobilního telefonu by byla výpočetně náročná a brala by tak mobilnímu zařízení výkon potřebný k vykreslení 3D objektů v rozšířené realitě. Frameworky pro mobilní telefony, jako je Vuforia nebo Unity MARS, jsou pak spíše navrženy na detekci menšího počtu markerů, přičemž základní verze prototypu počítá s až 48 simultánně detekovanými markery. Tato skutečnost by mohla vést k rapidnímu snížení kvality detekce, případně k detekci falešné, kdy mobilní telefon zamění sledovaný marker za jiný, s podobnými rozpoznávacími znaky.

3.1.1 Využití umělé inteligence v procesu navrhování

Rok 2022/23 znamenal praktickou revoluci na poli umělé inteligence a možností jejího využití v umění, designu a dalších odvětvích. Původně interně vyvíjené nástroje byly vypuštěny na veřejnost a umožnily i nevědecké komunitě začít experimentovat v tomto odvětví. Vývoj pokračoval a z původně úsměvných výstupů se během několika měsíců v první polovině roku 2022 začaly stávat díla, která už velmi efektivně dokázala přenést psanou myšlenku autora do vizuální podoby. Využití v průmyslovém designu bylo a do dnešního dne stále je spíše okrajové, neboť se jedná o dvourozměrná vizuální díla, které nemají návaznost na reálnou funkci a další parametry v tomto oboru klíčové.

Text-to-image generátory jsou založeny na získávání obrázku pomocí difuze ze šumu. v podstatě se jedná o iterativní proces odšumění, kdy jsou jednotlivé iterace porovnávány s rozložením dat, které se tento generátor naučil na základě tréninkového modelu [22].

Možnosti využití těchto technologií je však i přes tyto nedostatky třeba prozkoumávat, snažit se najít jejich praktické využití, ale zároveň i pomoci najít jejich hranice, jelikož využití umělé inteligence přináší řadu eticky problematických otázek. Většina z nich se týká samotného autorství takto vzniknuvšího díla a případného porušení autorských práv při jeho vzniku. Modely umělé inteligence jsou trénovány na obrovském množství obrazových dat, mnohdy použitých bez vědomí původního autora [23]. Díla vygenerovaná pomocí umělé inteligence samozřejmě nejsou stejná jako původní obrazová data, na kterých byl model vytrénován, nicméně mohou kopírovat určité vizuální prvky, případně styl původního autora. Otázka umělé inteligence autorského práva tak zůstává nedořešena, ale je zřejmé, že se zákonodárné orgány snaží tento problém řešit [23].

V roce 2022 se mezi ostatními generativními nástroji osamostatnili tři klíčoví hráči:

- DALL·E 2 – Nástroj vyvinutý společností OpenAI, který hlavně v počátečních fázích generoval subjektivně nejlepší výstupy. Nicméně se neukázal jako efektivní v případě generování textur.
- Midjourney – Nástroj běžící na platformě Discord. Od počátku se vyznačoval tím, že na rozdíl od ostatních nástrojů bylo možné zadat i jednodušší pokyn a výstup byl přesto velmi kvalitní.
- Stable Diffusion – Je nástroj, který se nejvíce prosadil svou otevřeností. Uživatelskou komunitou byl tak integrován do různých aplikací, jako je například Blender, kde je s ním možné přímo pracovat. Oproti

Midjourney obecně vyžaduje komplexnější a lépe promyšlené pokyny pro získání kvalitního výsledku.

V rámci této práce byly postupně využity nástroje Midjourney a Stable Diffusion, které se nejlépe osvědčily ve schopnosti generovat textury. Okrajově byla také využita aplikace Barium.AI, přímo určená ke generování textur, která ovšem nevykazovala tak dobré výsledky, a navíc byla postupem času integrována do společnosti Unity, což způsobilo její dočasné zastavení. Plán na využití těchto technologií se zrodil prakticky v okamžiku, kdy tyto nástroje začaly být schopné generovat kvalitní, relevantní výstupy.

Od začátku bylo jasně rozhodnuto, že tyto nástroje nebudou využity jako inspirační zdroj, ani jako způsob generování celkové formy nebo tvaru. Hlavním důvodem pro toto rozhodnutí byla výše zmíněná, eticky problematická otázka autorského práva. Cílem bylo využít umělou inteligenci tak, aby výsledný produkt spíše dokreslila a ozvláštnila, než aby jej sama definovala. Zároveň bylo důležité využít ji tam, kde je ona sama nejefektivnější, zatímco člověk by naopak byl efektivní velmi málo.

Jako vhodná se k tomuto účelu zdála možnost generovat textury s částečně abstraktními prvky, jejichž explorační proces lidskému tvůrci zabrala neúměrné množství času. Naopak výstupy umělé inteligence, přestože byly ne vždy relevantní nebo kvalitní, bylo možné poměrně rychle iterovat a testovat, což umožnilo vybrat nejkvalitnější výstupy.

Cílem tedy bylo navrhnout textury, které budou co možná nejlépe reprezentovat biomy jednotlivých figur a zároveň je půjde snadno přenést do reliéfu na povrchu figury. Jiným slovy tedy tyto textury musely dobře fungovat v černobílém barevném prostoru.

3.1.2 Finální tvarové řešení

Finální řešení sestává ze všech výše zmíněných dílů a krabice do které lze všechny součásti uschovat. Možnost uschování tabletu do krabice se nepředpokládá vzhledem k různým velikostem těchto zařízení a také faktu, že tablet bude velmi pravděpodobně sloužit i k jiným účelům než jen jako zobrazovací zařízení pro tuto platformu.

Obecně lze říci, že se mezi jednotlivými součástmi podařilo nalézt tvarovou harmonii, byť tvarování některých součástí podléhá faktu, že produkt je primárně určen na výrobu pomocí 3D tisku. 3D tištěné prvky samy o sobě dokáží vytvářet jistou vizuální kvalitu, která je nejlépe viditelná u dílů vyrobených z filamentu s příměsí dřeva, který má zajímavou kresbu a zdůrazněné vrstvy 3D tisku mu

sluší. Stejně tak lze tuto kvalitu pozorovat u reliéfů použitých na horních stěnách figur, které by bylo velmi obtížné konvenčními metodami vyrobit.



obr. 3-2 Finální tvarové řešení

V případě, že by se produkt někdy vyráběl sériově, většina dílů by mohla být zachována ve stejné nebo velmi blízké podobě. Nejzásadnější úpravou by pravděpodobně musely projít již zmíněné figury, a to právě kvůli obtížně vyrobiteľnému reliéfu. Pokud by výrobce chtěl vytvořit luxusnější produkt s vyšší cenovkou, nabízela by se možnost figury opatřit například E-ink displejem. To by je sice značně prodražilo, nicméně na druhou stranu by stačilo vyrábět jeden typ

figury a informace na displeji měnit dle potřeby. E-ink displej je typický svou malou spotřebou energie a pro dané použití vhodný. Zároveň by bylo možné pracovat s variabilní velikostí ArUco markeru, který by se mohl zobrazovat až v případě, že by se figura nacházela na hrací desce. Zároveň by se pravděpodobně díky způsobu podání E-ink displejem mírně zlepšila strojová čitelnost těchto markerů.

System složený z modulů umožňuje platformu různými způsoby konfigurovat, případně jednotlivé díly dokonce upravovat nebo měnit a tím dosáhnout různých uživatelských zážitků a odlišné funkcionality. Produkt tak může být zajímavou cestou pro domácí kutily do světa rozšířené reality.

3.1.3 Ergonomie

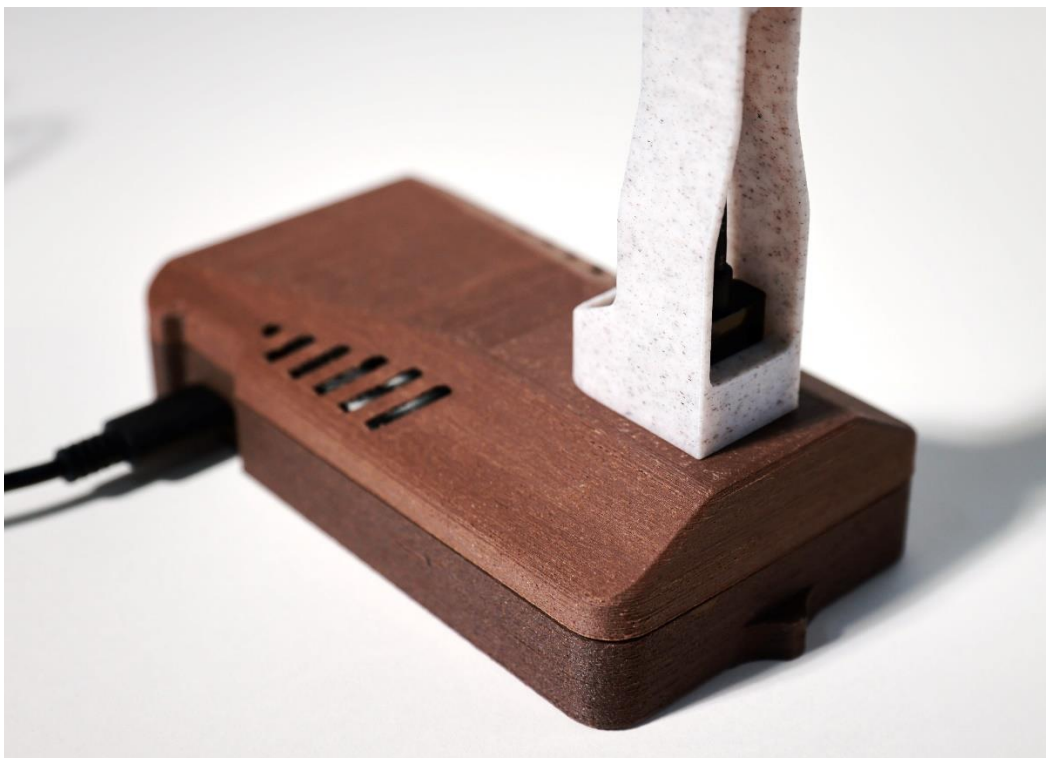
Z ergonomického hlediska nejsou na produkt kladeny žádné zvýšené nároky. Samotné složení produktu je přímočaré a nevyžaduje speciální dovednosti ani zvýšené dosahy. Klíčová je především práce s mikropočítačem a kamerou, které musí uživatel před každým použitím zapojit. Připojení mikropočítače do sítě probíhá pomocí USB-C kabelu a umístěním odpovídá rozložení mikropočítače Raspberry Pi 4B.



obr. 3-3 Zapojení USB-C

Připojení HDMI kabelu k mikropočítači i kameře je také standardní a jejich rozložení odpovídá funkci produktu. Zdířka na mikropočítači tedy směřuje přímo

nahoru a zdírka na kameře směřuje tečně k nosnému rameni tak, aby kamera směřovala na střed hrací plochy.



obr. 3-4 Zapojení HDMI



obr. 3-5 Zapojení kamery

Posledním zásadním kontaktem je vyskládávání figur na hrací plochu do drážek k tomu určených. Předpokládá se chycení figur za rádiusy v rozích, které tvoří přirozený prostor pro prsty. Pro větší ruce může být tento prostor malý, nicméně nepředpokládá se, že by hrací figury pokrývaly celou plochu bez prázdných míst. v opačném případě lze figury odebírat postupně od krajů, kde je prostoru pro manipulaci dostatek. i větší rukou však lze figuru z hrací plochy vždy sejmout, byť někdy se sníženou pohodlností.



obr. 3-6 Figury na hrací ploše

3.1.4 Bezpečnost a hygiena

Vzhledem k malým částem, u kterých by mohlo hrozit vdechnutí je produkt určen spíše pro starší děti od prvního stupně základní školy, případně vzhledem k jeho modularitě, v jiných variantách i pro dospělé uživatele.

Použité materiály lze považovat za zdravotně nezávadné. U PLA výrobce deklaruje možnost kontaktu s jídlem, což sice není tento případ, nicméně to ukazuje na vysokou bezpečnost materiálu. Filament Timberfill s příměsí dřeva tuto certifikaci nemá, nicméně vzhledem k využití produktu nelze očekávat zásadní problémy.

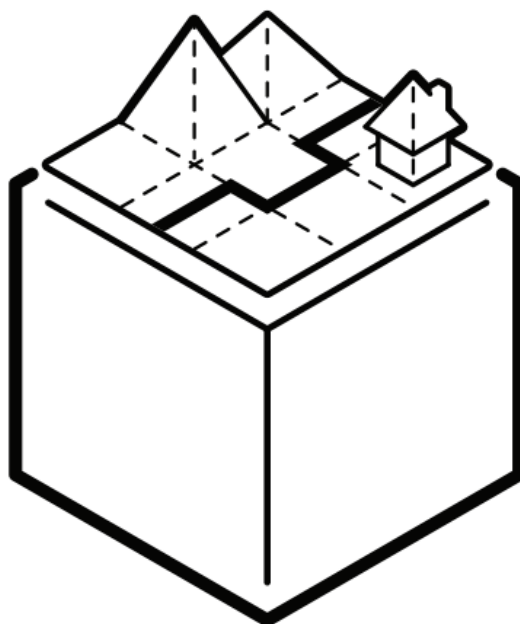
Riziko by pro běžného uživatele 3D tiskáren neměla představovat ani samotná výroba produktu, a to včetně montáže elektronických součástí, které jsou v takovýchto projektech běžně užívány. Potenciální riziko by mohlo vzniknout, pokud by rozšířená realita byla nahlížena pomocí headsetu, které jsou často velmi křehké, což by mohlo například dětského uživatele ohrozit. Je však třeba říci, že využití s headsetem je v tuto chvíli a za současného stavu technologie předpokládáno jako spíše okrajové. Bezpečností rizika v tomto případě navíc souvisejí spíše s headsetem jako takovým než s produktem, kterým se tato práce zabývá.

3.1.5 Barevné a grafické řešení

Součástí designu se stal i návrh loga. Logo v tomto případě plní i roli markeru pro rozšířenou realitu, a kromě estetických kvalit tak v návrhu musela být brána v potaz i funkční podstata. Všechna navržená loga byla vložena do webového prostředí Vuforia, programu pro práci s rozšířenou realitou, který každý vložený marker ohodnotí 1 až 5 hvězdičkami dle jeho kvality. Při návrhu loga byly respektovány základní parametry pro markery, tak jak je specifikuje společnost Vuforia, konkrétně se jedná o následující parametry [24]:

- Vysoká míra detailu.
- Grafické prvky jsou na ploše rozmístěny s rovnoměrnou hustotou.
- Neopakující se vzory.
- Vysoký kontrast.

Zároveň bylo cílem navrhnout logo, které by dostatečně vystihovalo produkt a jeho vizuální styl. Jako název bylo zvoleno ARealms, tedy spojení AR (rozšířená realita) a Realms (říše, světy). Tato slovní hříčka vhodně reprezentuje možnosti, které produkt přináší. Pro logotyp byl zvolen font Nunito, který byl zároveň použit i na některých fyzických dílech k lepšímu označení jejich funkce.



AREALMS

obr. 3-7 Logo, finální iterace

3.2 Vývoj aplikace

Doprovodná aplikace vykreslující rozšířenou realitu byla vyvinuta pomocí softwaru Unity, což je, jak již bylo řečeno, multiplatformní vývojový engine, který je právě pro oblasti AR a XR nejvhodnějším řešením. Od počátku bylo cílem aplikaci vyvinout a primárně otestovat pro systém Android, nicméně právě díky faktu, že engine je multiplatformní, by ji bylo s minimálním úsilím možno převést i na dalších platformy.

Pro účely vývoje byly srovnány rozšiřující pluginy pro Unity MARS a Vuforia, které se oba specializují na zážitky v rozšířené realitě. Hlavní výhodou pluginu

MARS je možnost testovat vyvíjené aplikace v syntetickém prostředí, což může velmi urychlovat práci. Zkoušky však ukázaly, že Vuforia pracuje spolehlivěji a vývoj s ní je více přímočarý, zvláště v případě kdy se virtuální objekty mapují vzhledem k markeru a ne pouze kamkoliv do fyzického prostředí (v takovém případě pak lépe funguje MARS).

Před začátkem vývoje byl definován následující postup práce:

1. Přijmout signál z mikropočítače Raspberry Pi 4B a zobrazit ho v textové formě v aplikaci.
2. Vytvořit generátor map, který z dvourozměrného pole vytvoří prostorovou mapu s danými lokálními vlastnostmi.
3. Propojit přijímaný signál s generátorem map; zajistit správný překlad přijatých hodnot.
4. Navrhnout základní prvky prostředí (stromy, rostliny, textury).
5. Vytvořit jednoduché a funkční uživatelské rozhraní pro demonstraci funkce.
6. Zhodnotit konečný stav aplikace a definovat možná vylepšení a rozšíření v budoucnu.

V následujících podkapitolách budou jednotlivé kroky vývoje popsány, včetně použitých metod vývoje, a následně budou vyhodnoceny.

3.2.1 Jádno

Celá aplikace byla vytvořena pomocí enginu Unity, konkrétně jeho verze 2022.1.23f1. První částí, která byla naprogramována, byl skript přijímající data z Raspberry Pi a zobrazující je na displeji tabletu. Tuto část aplikace měl na starost student FAI UTB ve Zlíně Tomáš Hanáček, který připravoval i samotným rozpoznávací program pro mikropočítač Raspberry ve své bakalářské práci.

Student dostal za úkol připravit tento skript tak, aby hodnoty vysílané z mikropočítače přicházely ve dvourozměrném poli v následujícím formátu: [[ID figury, X souřadnice, Y souřadnice]]. Přijímání signálu mělo být řešeno buď přes WiFi nebo Bluetooth. Student se nakonec rozhodnul zvolit variantu s WiFi, která byla jednodušší na implementaci a z hlediska funkčnosti znamenala pouze drobnou komplikaci v podobě delšího spouštění mikropočítače. v dlouhodobém horizontu by byl přechod na variantu Bluetooth preferován v kontextu průmyslově vyráběné varianty, nicméně z hlediska prototypu se jednalo o marginální záležitost.

Jakmile se přijímání dat podařilo spolehlivě vyřešit, bylo přistoupeno k programování samotného generátoru map, který tvoří nejdůležitější část aplikace.

Pro účely programování generátoru bylo využito umělé inteligence, konkrétně aplikace ChatGPT 3, která se v době vývoje nově objevila na trhu a dokázala generovat kód v míře, jakou žádný jiný software do té doby nezvládal. ChatGPT 3 je jazykový model vyvinutý společností OpenAI, který byl vytrénován na obrovském množství dat tak, aby dokázal porozumět a generovat text podobně jako člověk [25]. Přestože původním plánem bylo psát kód ručně, z výzkumného hlediska se jevílo jako zajímavější kód generovat a pozorovat tak, do jaké míry může, například v rámci umělecky zaměřených oborů, pomoci autorům dotáhnout jejich vize k nimž nemají potřebné programátorské znalosti.

Obecně lze zhodnotit, že umělou inteligenci lze úspěšně využívat i k programování komplexnějších aplikací. i přes občasné chyby, kterých se umělá inteligence dopouštěla, byla alespoň základní struktura generovaného kódu správná a chyby byly spíše drobnějšího charakteru. Lze také říct, že tyto chyby často pramenily z příliš vágního zadání nebo špatného pochopení záměru ze strany umělé inteligence. Většinu těchto chyb však dokázala po zadání chybového hlášení z herního enginu opravit, a to bez větší účasti lidského faktoru. v pokročilejších fázích se však objevily i chyby, které by bez přispění lidské kontroly opraveny nebyly.

Znalost programování není pro toto generování vyloženě nutná. Klíčovým parametrem je především schopnost přesně definovat svůj cíl a kroky k němu vedoucí a následně být schopen jej pochopitelně vyjádřit. Nabízí se tak využití této technologie například právě průmyslovými designéry k dotažení projektů, které by jinak bez znalosti programování musely skončit pouze jako vize či modely. Na druhou stranu je však třeba říct, že alespoň základní znalost programování přináší značnou výhodu. Jednak umožní člověku lépe definovat pokyny pro umělou inteligenci, jelikož má lepší představu o tom, jak lze takového cíle programátorský dosáhnout. Zároveň je klíčová v odhalování chyb. v počátečních fázích sice umělá inteligence dokázala většinu chyb opravit sama, ale později, když projekt začal být velmi komplexní, začala i umělá inteligence ztrácet schopnost udržovat kód koherentní a často se dostávala do smyček, kdy chyby nebyla schopná opravit. Až díky přesnému nalezení chyby a nastínění možného řešení se jí podařilo tyto problémy opravit.

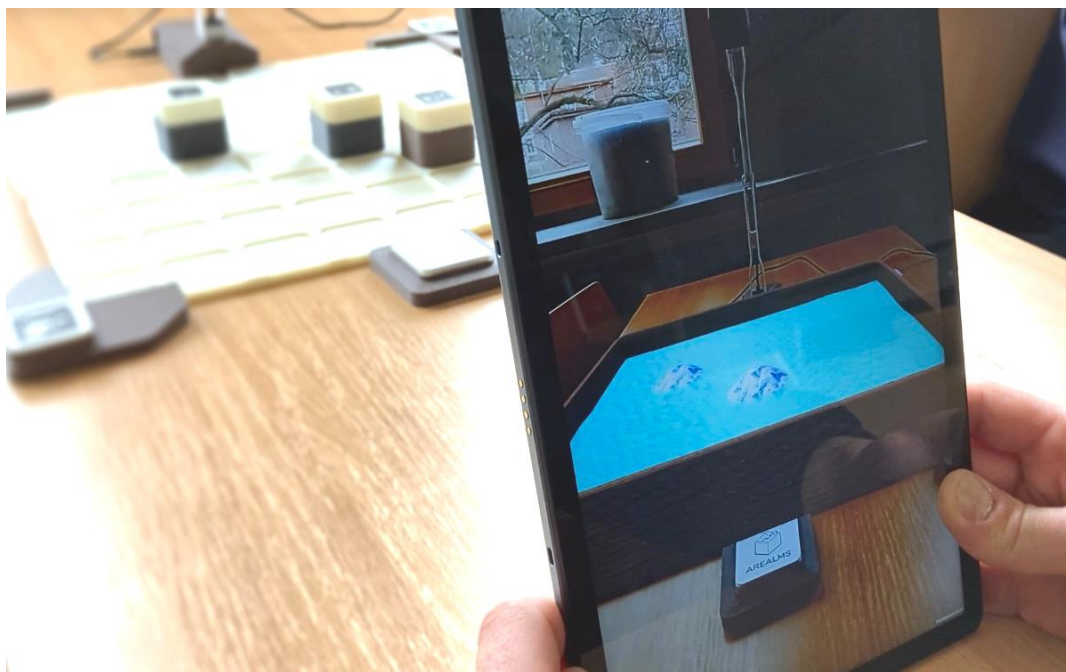
Důležitým faktorem je také předchozí znalost herního enginu Unity a jeho zákonitostí. Umělá inteligence je sice schopná psát kromě skriptu i návody krok za krokem, nicméně snadná orientace a předchozí příprava rutinních věcí celý proces vývoje značně urychlují. Znalost funkcionalit Unity zároveň umožňuje přesněji definovat některé pokyny. Zde je sice vysoce pravděpodobné, že umělá inteligence by efektivní řešení časem nabídla i bez předchozího přesného zadání, nicméně by k tomu pravděpodobně vedlo několik iterací.

Pro zkušenějšího uživatele Unity se pak jedná o nástroj, který výrazně urychluje práci, kdy dokáže rychle řešit úkoly, které jsou běžné a jednoduché, ale zdlouhavé, ale i úkoly komplikované, které by z programátorského hlediska vyžadovaly dlouhou předchozí rešerši a porozumění.

Nejefektivněji dokázala umělá inteligence pracovat, pokud jí byly úkoly zadávané po částech, kdy se nejprve začalo obecnou funkční kostrou, která se v dalších příkazech rozšiřovala o další funkce. Efektivita naopak klesala u příkazů, které byly velmi komplexní a vyžadovaly více věcí najednou. Problematické byly rovněž příkazy v pokročilých fázích vývoje, které navazovaly na předchozí kód nebo informace, ale přímo jej nerozšiřovaly. i s těmito úkoly si však AI nakonec poradila, byť bylo třeba zadávat příkazy s větším rozmyslem a s odkazy na příslušná, dříve vyvinutá místa v kódu, ze kterých má čerpat.

3.2.2 Hratelnost

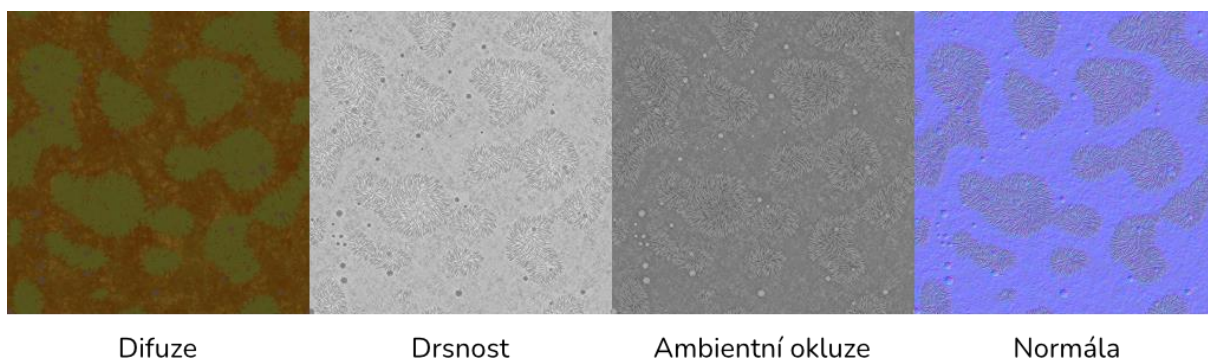
Následující řádky se věnují stručnému popisu toho, jak platforma a konkrétní případová studie pracuje a jaké jsou další možnosti rozšíření. Hra začíná sestavením hrací desky z jednotlivých dílů. Po jejím složení připojí uživatel mikropočítač do elektrické sítě. Počítač se následně přibližně minutu spouští. Poté vytvoří WiFi síť, na kterou je třeba připojit se z mobilu, tabletu nebo jiného zobrazovacího zařízení. Od této chvíle je navázána mezi tabletem a mikropočítačem komunikace. v tabletu hráč spustí příslušnou aplikaci a naskenuje hrací desku. v rozšířené realitě se následně začne promítat mapa, která je na začátku reprezentována rovnou vodní plochou. Hrací deska je v reálném čase snímána kamerou, jejíž obraz je kontinuálně vyhodnocován mikropočítačem. Jakmile se v záběru objeví figura, mikropočítač určí její typ a souřadnice na hrací desce. Tyto informace jsou pak odeslány do tabletu. Přidáváním a odebráním figur může hráč mapu kdykoliv měnit a v reálném čase ji tak aktualizovat. S mapou může uživatel dále interagovat. K dispozici má jednoduché menu, ve kterém se nacházejí ikony různých rostlin a stromů. Prostým přetažením ikony na mapu může v daném místě tuto rostlinu zasadit (v rozšířené realitě se mapě vykreslí 3d model dané rostliny). Na základě toho, v jakém biomu rostlinu vysadil potom může pozorovat, jak v něm daná rostlina bude růst (např. model břízy se, pokud je vysazen v poušti, po čase změní na uschlou břízu). Po konzultacích s pedagogy by bylo možné i tuto případovou studii dále rozšiřovat (například zjednodušeně simulovat počasí, dát uživateli možnost kontrolovat celkovou teplotu mapy a pozorovat tak efekty globálního oteplování nebo simulovat chování zvířat), nicméně jedná se spíše o podnět pro možný budoucí výzkum.



obr. 3-8 Testování prvního funkčního prototypu platformy

3.2.3 Grafické prvky

Jednotlivé grafické elementy pro hru byly realizovány ve spolupráci se studentem magisterského studia ateliéru Game design, UTB ve Zlíně BcA. Tadeášem Kříbkem. Student vytvořil textury pro povrchy jednotlivých biomů, včetně patřičných normálových a dalších map. Cílem bylo vytvořit jednotlivé elementy a textury s jistou mírou stylizace, protože vysoce realistické prvky by v daném měřítku nepůsobily dobře a zároveň by nebyly vhodné pro vykreslování na tabletu nebo mobilním telefonu, tedy na zařízeních s relativně malým výkonem. Stylizace zároveň umožní snazší rozpoznatelnost jednotlivých prvků i na menších displejích.



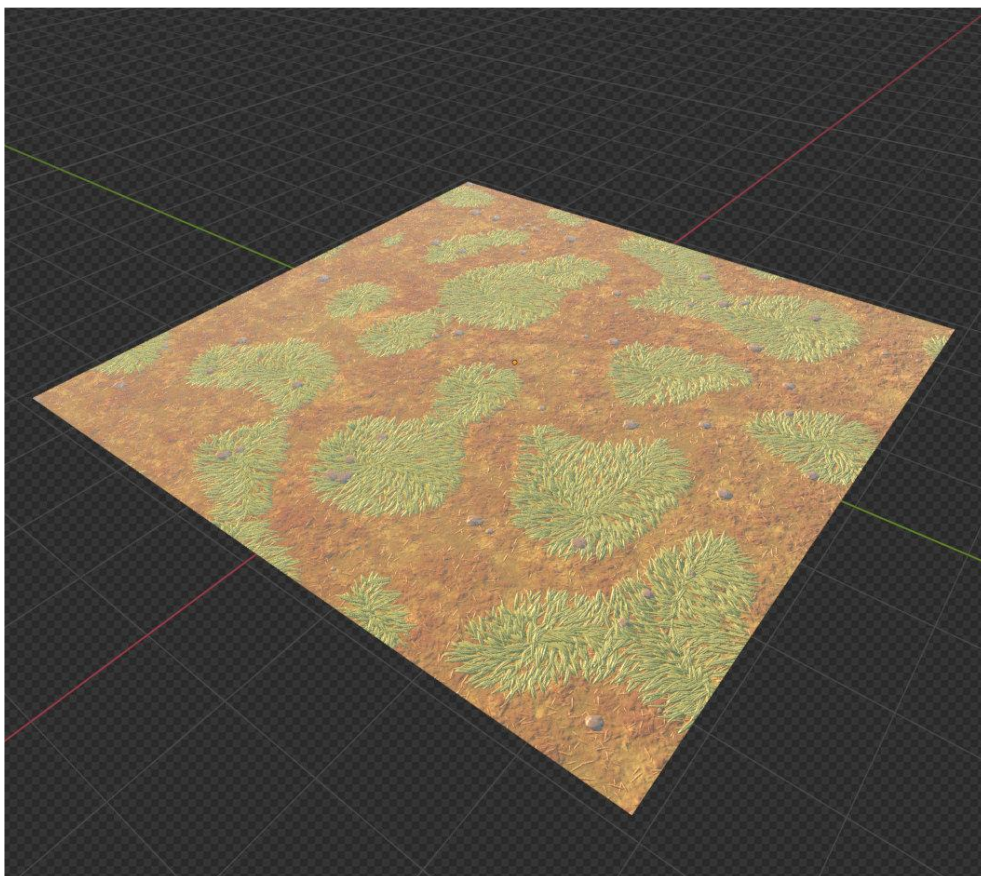
Difuze

Drsnost

Ambientní okluze

Normála

obr. 3-9 Příklad připravených textur, taiga



obr. 3-10 Renderovaná textura, taiga

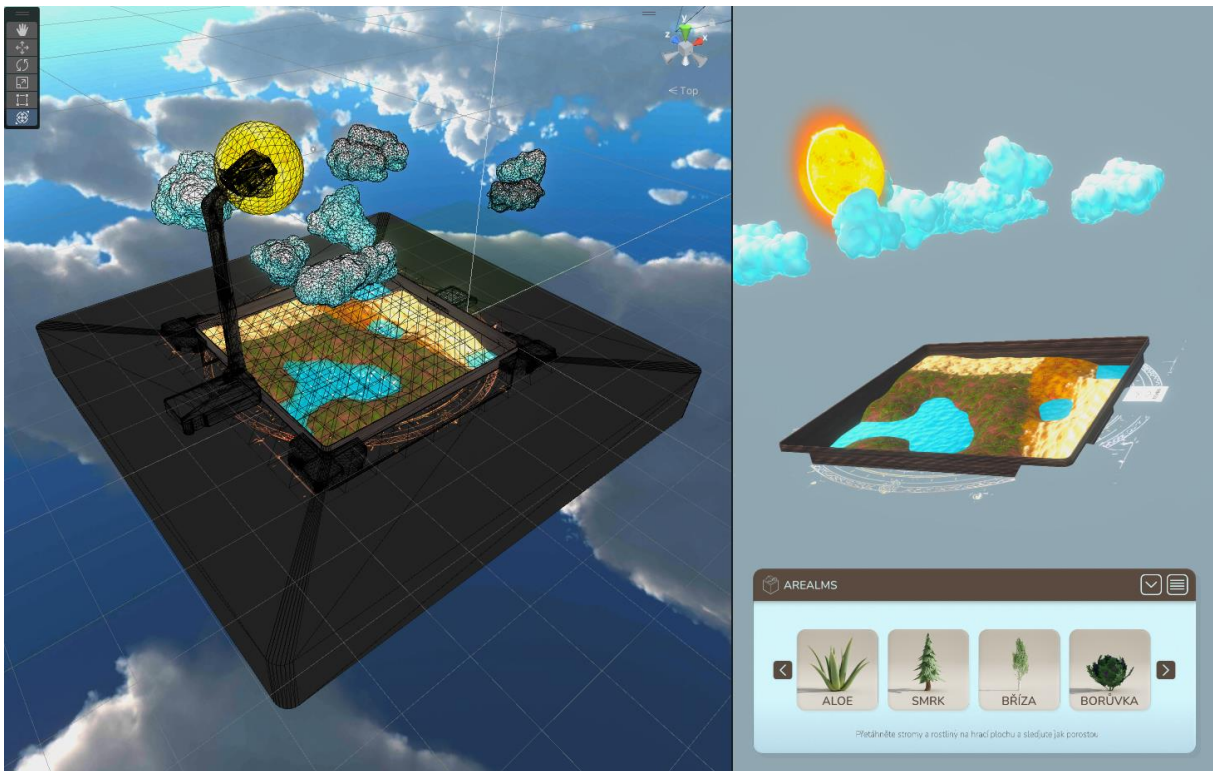
Tímto způsobem byly textury realizovány pro veškeré biomy, které se ve hře v současné době nacházejí.

Pro každý biom bylo následně vybráno několik typů stromů a rostlin, které jsou v daných podmínkách typické. Konkrétně pro biom tajgy se jednalo o břízu, smrk a borůvku. Některé z rostlin pak samozřejmě mohou růst v různých biomech. Každá z těchto rostlin byla vymodelována v několika variantách od malé sazenice až po plně vzrostlou. Každá má také svou suchou variantu, která se objeví na konci růstu v případě, že byla rostlina zasazena v nevhodném biomu.



obr. 3-11 Rostliny v různých fázích růstu, pouštní biom

Samotný terén je vložen do 3D modelu dřevěné krabičky, která je pomocí masek vytvořena tak, aby působila, že je zapuštěna do stolu (nebo jiné plochy) ve skutečném světě. Původní systém materiálů pro tvorbu terénů, který je v Unity standardně používán tyto masky nepodporuje. Proto bylo nakonec použito placené rozšíření MicroSplat [26]. Tento systém zároveň podporuje i takzvané PBR renderování, což umožňuje uvěřitelnější vyobrazení. PBR renderování je založeno na fyzikálních zákonech a jejich vzorcích, tak aby při použití správných fyzikálních jednotek a veličin byla získána co nejuvěrnější, z fyzikálního hlediska přesná, reprezentace materiálu a jeho světlených vlastností [27].

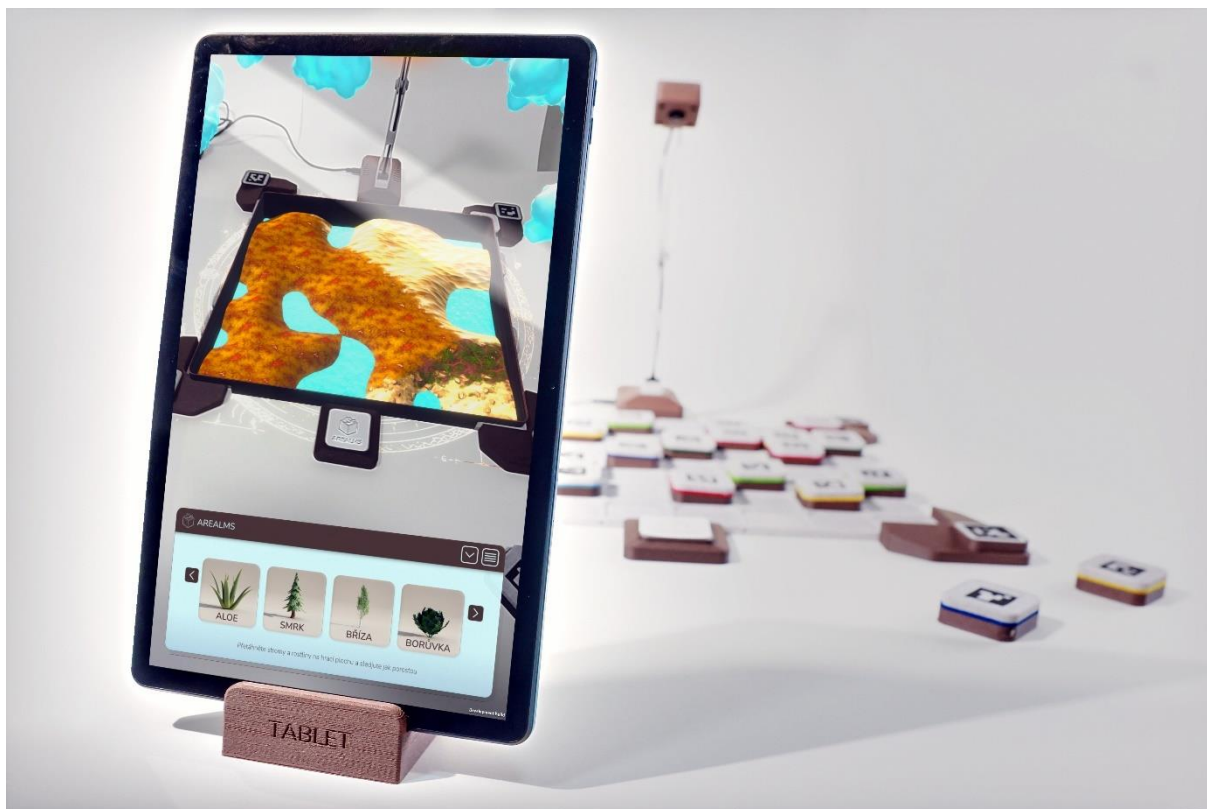


obr. 3-12 Terén v syntetickém prostředí Unity

4. Fotodokumentace finálního prototypu



obr. 4-1 Foto prototypu 2



obr. 4-2 Foto prototypu 3

5. Diskuze

Výsledný prototyp představuje unikátní řešení na poli rozšířené reality. v kontextu konkurenčních řešení vyčnívá především svou modularitou a víceúčelovostí. Přináší vysokou míru interaktivity, která dodnes není u podobných produktů obvyklá a zároveň filozoficky vhodně spojuje reálnou a virtuální složku, díky čemuž není použití rozšířené reality samoúčelné.

5.1 Psychologická, sociální, ekonomická a ekologická funkce

Produkt byl od počátku navrhován i s ohledem na dětského uživatele, jehož psychika je ohrožena daleko více, než psychika dospělých lidí. Navržená koncepce tak předpokládá možný vzdělávací přesah, kdy využití obdobných produktů bude postupně více integrováno do výuky, vzhledem k plánům na zlepšení informační gramotnosti žáků. Open source povaha návrhu předpokládá možnost sestavit doma nebo ve školních podmínkách, což umožní lepší porozumění funkci a principům celého produktu. Navržená případová studie, v případě dalšího rozšíření a výzkumu, předpokládá možné budoucí nasazení přímo v pedagogickém procesu.

Podstatná je v tomto případě i haptická funkce, která zajišťuje lepší propojení s reálným světem. Přestože by některé součásti bylo možné redukovat do formy papírových kartiček a jejich funkce by byla zachována, jejich trojrozměrná forma zajišťuje přirozenější a uživatelsky pohodlnější interakci, a to jak pro dětského, tak i dospělého uživatele. Zároveň je tímto zajištěna i delší životnost produktu.

Z ekonomického hlediska je třeba říci, že open source přístup, který umožňuje výrobu produktu doma, jej také prodražuje. Nejdražšími položkami jsou v tomto případě mikropočítač a kamera. Vyšší je v tomto případě i cena za materiál, kdy kvůli 3D tisku je jeho spotřeba a cena o něco vyšší, než by byla v případě výroby běžnými metodami. Na druhou stranu je možné snadno vyrobit jakoukoliv část, která by se ztratila nebo rozbila, což je výhodné jak z ekologického, tak i ekonomického hlediska. v případě, že by se potřeby na výrobu jednoho produktu centralizovaly a uživateli se zasílaly jako předpřipravená sada, bylo by možné jeho cenu výrazně redukovat. Nejlevnější by pak byla úplná sériová výroba, která by umožnila zkrácení času výroby i úspory materiálu. Nabízelo by se také vyvinutí vlastního mikropočítače, který by byl uzpůsoben speciálně účelu rozpoznávání figur, což by v dlouhodobém horizontu mohlo znamenat finanční úsporu. v případě sériové výroby by se předpokládaná prodejní cena mohla pohybovat mezi 3 000 až 4 000 Kč. Produkt je tak spíše určen pro vyšší střední třídu, která je ochotna investovat i do dražších hraček. Další cílovou skupinou jsou pak instituce jako jsou školy nebo jiná vzdělávací a naučná centra.

Ekologicky lze open source přístup považovat za velmi přínosný. Jak již bylo zmíněno, tento systém umožňuje uživateli snadnou opravu nebo doplnění sady bez nutnosti kupovat celý produkt. Zároveň uživatel dostává poměrně velkou svobodu v tom, jaké materiály a způsoby výroby může využít, což umožňuje lepší využití lokálních surovin a možností. Výroba vlastními silami zároveň zvyšuje uživatelský vztah k produktu, kdy si uvědomuje, kolik jeho výroba dala práce a více si ho tak váží. Lze tak očekávat vyšší životnost produktu. Pro výrobu prototypu byly záměrně zvoleny materiály s nižším ekologickým dopadem, tak aby produkt obstál v dnešní době, kdy se nároky a informovanost zákazníků v této problematice výrazně zvyšují.

5.2 Přínos pro vědu, výzkum, praxi

V teoretické části práce jsou zmapovány současně existující produkty využívající rozšířené reality, stejně jako zařízení, která ji umožňují zobrazovat. To může posloužit jako základ pro vývoj dalších produktů podobného zaměření. Důkladně jsou zmapovány možné způsoby detekce polohy herních figur a pro účely prototypu byl zvolen ten nejvhodnější z nich.

Podstatné jsou i pasáže zabývající se využitím umělé inteligence v designérském a programátorském procesu. Využití generovaných textur k tvorbě fyzických reliéfu je poměrně jedinečná záležitost, která ukazuje možné způsoby přímého využití současného stavu text to image generování v průmyslovém designu. Část věnovaná programování s pomocí umělé inteligence detailně popisuje metodu práce s ní a možná úskalí, která tento způsob práce přináší. Zvláštní důraz je zde kladen na zhodnocení toho, zda je nutné aby měl uživatel předchozí programátorské znalosti a zkušenosti.

Práce nabízí možný základ pro další výzkum, a to v různých vědeckých odvětvích. Celý koncept je možné dále rozvíjet z pedagogického hlediska a zkoumat možnosti jeho nasazení přímo ve výuce. Je také možné se zabývat možným rozšířením o složku ve virtuální realitě, případně dále rozšiřovat případovou studii o další funkce, které byly již dříve zmíněny. Nebo se nabízí vývoj dalších možných variant, z nichž některé byly nastíněny v textu práce.

V neposlední řadě je možné dále pokračovat ve vylepšování způsobu detekce figur na hrací ploše. Současný způsob optické detekce je sice funkční, ale přesto dochází k občasným výpadkům signálu. Tento problém by možné řešit například naprogramováním filtru, který by tyto krátkodobé výpadky dokázal kompenzovat. Alternativně se také nabízí možnost zkoumat i jiné typy detekce, než je optická. v rámci práce byla přímá detekce figur elektronicky přímo z hrací desky zavrhnuta jako příliš nákladná. Pokud by se však podařilo vyvinout levnější řešení, jednalo by se o elegantní řešení, které by pravděpodobně mělo ještě vyšší spolehlivost detekce.

6. Závěr

Všechny cíle disertační práce byly splněny. Výstupem je funkční prototyp víceúčelové modulární platformy včetně případové studie ve formě aplikace, která slouží jako studie proveditelnosti. Oproti současným produktům je hlavním přínosem této platformy právě její možná víceúčelovost, a také vyšší míra interaktivity, než je u obdobných produktů běžné. Případová studie může sloužit jako výukový nástroj pro přírodopis a zeměpis. Vývoj alternativních aplikací může sloužit jako vstupní bod pro navazující výzkum.

Spolupráce s FAI UTB a ateliérem Game design FMK UTB přinesla zajímavá technická a vizuální řešení a poskytla dvěma studentům možnost pracovat na větším projektu a pomoci ho dotáhnout až k funkčnímu prototypu.

Z designérského hlediska práce přináší ucelený produkt, který je díky modulární povaze snadno skladný a z funkčního hlediska přehledný. Klíčová je jeho

možná rozšiřitelnost a škálovatelnost počtu herních figur. U prototypu se předpokládá možná domácí výroba, kdy by mohl být distribuován ve formě open source, což by umožnilo i rychlejší budoucí vývoj. Nelze však vyloučit ani možnost sériové výroby, která by byla možná po drobných úpravách jednotlivých součástí.

7. Seznam použitých zkratek a symbolů

obr.	Obrázek
AR	Augmented reality
VR	Virtual reality
XR	Extended reality
GPS	Global Positioning System
PC	Personal computer
Kč	Koruna česká
LiDAR	Light Detection And Ranging
mm	milimetr
PLA	Polylactic acid
C#	Typ programovacího jazyku

9. Bibliografie

- [1] Výzkum od stolu. In: *Masarykova univerzita* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: kisk.phil.muni.cz/100metod/vyzkum-od-stolu
- [2] Rozhodovací matice. In: *Masarykova univerzita* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: <https://kisk.phil.muni.cz/100metod/rozhodovaci-matice>
- [3] SOUKOPOVÁ, Jana. *Vícekriteriální metody hodnocení*. Brno, 2013. Dostupné také z: is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MKV_VZVP/um/33149329/Studijni_text_metody_vicekriterialniho_rozhodovani.pdf
- [4] Expertní rozhovor. In: *Masarykova univerzita* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: kisk.phil.muni.cz/100metod/expertni-rozhovor
- [5] *Přehled technik využívaných při Rapid Prototyping*. Liberec, 2012. Dostupné také z: www.kvs.tul.cz/download/rapid_prototyping/P%C5%99ehled%20technik%20vyu%C5%BE%C3%ADvan%C3%BDch%20p%C5%99i%20Rapid%20Prototyping.pdf
- [6] LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. *Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2.
- [7] Hračky a zdraví. In: *Národní zdravotnický informační portál* [online]. Státní zdravotní ústav, 2022 [cit. 2022-12-11]. Dostupné z: www.nzip.cz/clanek/165-hracky-a-zdravi
- [8] Beyond AR vs. VR: What is the Difference between AR vs. MR vs. VR vs. XR?. In: *Interaction design foundation* [online]. 2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.interaction->

design.org/literature/article/beyond-ar-vs-vr-what-is-the-difference-between-ar-vs-mr-vs-vr-vs-xr

- [9] AZUMA, Ronald. A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments*. 1997, **6**(4), 355-385.
- [10] Mario Kart Live: Home Circuit – Official Site. In: *Nintendo Official Site: Consoles, Games, News, and More* [online]. Redmond, 2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: mklive.nintendo.com
- [11] *Stavebnice s technologií rozšířené reality | LEGO® Hidden Side* [online]. 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: www.lego.com/cs-cz/themes/hidden-side/about
- [12] LEGO® VIDIYO™ | Tvůrce hudebních videoklipů | Oficiální prodejna LEGO. In: *Domovská stránka | Oficiální obchod LEGO® CZ* [online]. 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: www.lego.com/cs-cz/themes/vidiyo/about
- [13] Google AR & VR | ARCore. In: *Google* [online]. 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: arvr.google.com/arcore/
- [14] Augmented Reality - Apple Developer. In: *Apple* [online]. 2022 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: developer.apple.com/augmented-reality/
- [15] *Vuforia Engine Overview*. Boston, Massachusetts, USA, 2023. Dostupné také z: <https://library.vuforia.com/getting-started/vuforia-features>
- [16] *Holokit* [online]. 2022 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: holokit.io
- [17] *Meta Quest 2* [online]. 2022 [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: www.meta.com/quest/products/quest-2/
- [18] This is Meta Quest Pro. In: *Meta* [online]. United States, 2023 [cit. 2023-08-05]. Dostupné z: <https://www.meta.com/quest/quest-pro/>
- [19] Vision Pro. In: *Apple* [online]. Cupertino, United States, 2023 [cit. 2023-08-05]. Dostupné z: <https://www.apple.com/apple-vision-pro/>

- [20] HANÁČEK, Tomáš. *Detekce objektů v obraze pro rozšířenou realitu*. Zlín, 2023. Bakalářská práce. Univerzita Tomáš Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Tomáš Dulík, Ph.D.
- [21] Detection of ArUco Markers. In: *Home - OpenCV* [online]. 2022 [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: docs.opencv.org/4.x/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html
- [22] SAHARIA, Chitwan, William CHAN, Saurabh SAXENA et al. Photorealistic Text-to-Image Diffusion Models with Deep Language Understanding. *ArXiv*. 2022, **220511487**. Dostupné také z: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248986576>
- [23] *Generative Artificial Intelligence and Copyright Law*. 4. Washington DC, 2023. Dostupné také z: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/LSB/LSB10922>
- [24] Best Practices for Designing and Developing Image-Based Targets. In: *Vuforia Library* [online]. 2023 [cit. 2023-07-21]. Dostupné z: <https://library.vuforia.com/objects/best-practices-designing-and-developing-image-based-targets>
- [25] ALJANABI, Mohammad, Mohanad GHAZI, Ahmed Hussein ALI, Saad Abas ABED a OTHERS,. ChatGPT: open possibilities. *Iraqi Journal For Computer Science and Mathematics*. 2023, **4**(1), 62-64.
- [26] *MicroSplat*. San Francisco CA 94103 USA, 2023. Dostupné také z: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/terrain/microsplat-96478>
- [27] PHARR, M, W JAKOB a G HUMPHREYS. *Physically Based Rendering, fourth edition: From Theory to Implementation: From Theory to Implementation*. MIT Press, 2023. ISBN 9780262048026. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=i9d2EAAAQBAJ>

10. Seznam obrázků

obr. 3-3 Detekce pomocí ArUco markers [20].....	26
obr. 3-67 Finální tvarové řešení	30
obr. 3-68 Zapojení USB-C	31
obr. 3-69 Zapojení HDMI	32
obr. 3-70 Zapojení kamery	32
obr. 3-71 Figury na hrací ploše	33
obr. 3-74 Logo, finální iterace.....	35
obr. 3-92 Testování prvního funkčního prototypu platformy	39
obr. 3-93 Příklad připravených textur, taiga	39
obr. 3-94 Renderovaná textura, taiga	40
obr. 3-95 Rostliny v různých fázích růstu, pouštní biom.....	41
obr. 3-96 Terén v syntetickém prostředí Unity	42
obr. 4-1 Foto prototypu 2	42
obr. 4-2 Foto prototypu 3	43

11. Seznam tabulek a grafů

tab. 2-1 Vícekriteriální analýza současných produktů na trhu 18

tab. 2-2 Vícekriteriální analýza zobrazovacích technologií 21

12. Seznam příloh

Životopis autora

Publikační a umělecké aktivity autora

Samostatné přílohy:

Fyzický model

3D modely ve formátu .stl

Unity projekt

Aplikace ve formátu .apk



Štěpán Dlabaja

Domů : Pod Strání 767, 76001, Zlín, Česko

E-mail: sdlabaja@utb.cz **Telefon:** (+420) 774110495

Datum narození: 03/11/1995 **Státní příslušnost:** Česká republika

PRACOVNÍ ZKUŠENOSTI

[2018 – 12/2021]

Designér

Leitners s.r.o.

Město: Brno

Země: Česko

Design produktů, firemní identita, 3D vizualizace

[2017 – 2019]

Designér, programátor

Creative Teapot s.r.o.

Město: Brno

Země: Česko

Programování rozšíření pro software Blender, součást stáže Vzdělávání praxí

[2016 – 2018]

Programátor

MONET+, a.s.

Město: Zlín

Země: Česko

Programování webových stránek pomocí technologie Angular

[2013 – 2015]

Programátor, elektrotechnik

Otevřená věda, UTB

Město: Zlín

Země: Česko

Středoškolská stáž zaměřená na vývoj snímače teploty na prst

[02/2023 – Aktuální]

Externí spolupracovník - programátor, grafik

VR|SPACE

Město: Brno

Země: Česko

Vývoj AR aplikací

[10/2022 – Aktuální]

Programátor, grafik

Motica games

Město: Brno

Země: Česko

- Vývoj her pro třetí strany
- Zpracování grafických podkladů

VZDĚLÁNÍ A ODBORNÁ PŘÍPRAVA

[2019 – Aktuální]

Doktorské studium

Fakulta multimediálních komunikací, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně <https://www.utb.cz/>

Adresa: nám. T. G. Masaryka 5555, 76001, Zlín, Česko

[2014 – 2020]

Magisterské studium

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně www.vut.cz

Adresa: Antonínská 548/1, 60190, Brno, Česko

[2006 – 2015]

Maturitní vzdělání

Gymnázium Zlín - Lesní čtvrť www.gymzl.cz

Adresa: Lesní čtvrť III 1364, 76001, Zlín, Česko

ZNALOST JAZYKŮ

Mateřský jazyk/jazyky: čeština

Další jazyk(y):

angličtina

POSLECH C1 ČTENÍ C1 PSANÍ B2

SAMOSTATNÝ ÚSTNÍ PROJEV B2 MLUVENÁ KOMUNIKACE B2

němčina

POSLECH B1 ČTENÍ B1 PSANÍ B1

SAMOSTATNÝ ÚSTNÍ PROJEV B1 MLUVENÁ KOMUNIKACE B1

Úroveň: A1 a A2: uživatel základů jazyka (začátečník), B1 a B2: samostatný uživatel (mírně pokročilý), C1 a C2: zkušený uživatel (pokročilý)

DIGITÁLNÍ DOVEDNOSTI

Kancelářský software

MS Windows | MS Office

Grafický software

Adobe Photoshop | Adobe Illustrator | Adobe After effects | Grasshopper | Rhinoceros | Blender | Keyshot | 3ds Max

Programování/Game development

Unity | Javascript | Python | C#

VYZNAMENÁNÍ A OCEŇENÍ

[18/07/2021]

C-IDEA 2020 - Golden Award Udělující instituce: C-IDEA DESIGN UNION

Ocenění za design hodinek Leitners Ad Maiora

TVŮRČÍ ČINNOST

[05/10/2022 – 09/10/2022]

Na Mars!

Realizace výstavy v rámci Designbloku 2022

- Návrh dvou vystavených exponátů
- Realizace VR výstavy
- Realizace webu

Odkaz: <https://namars.fmk.utb.cz/>

[12/2021 – 01/2022] **Půjdem spolu do Betléma**

Účast na výstavě Půjdem spolu do Betléma

- Realizace figur tří králů a pastýře s ovečkami

[12/07/2023 – 30/08/2023] **PROMPTnations**

Účast na mezinárodní výstavě děl generovaných pomocí umělé inteligence.

Odkaz: promptnations.fmk.utb.cz

Publikační a umělecká činnost autora

Štěpán Dlabaja | 2023



Leitners Ad Maiora

BLY / 50 %

Návrh hodinek Ad Maiora byl pro společnosti Leitners Watch s.r.o. realizován v autorské spolupráci s Ing. Tomášem Paškou.

Projekt získal ocenění C-IDEA Gold Award 2020.



Brožura k výstavě Aquademiq

CLY / 10 %

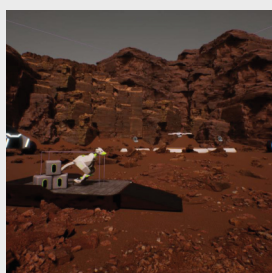
Brožura k výstavě ateliéru Průmyslový design na EXPO 2020 v Dubaji.



Na Mars! - kolekce produktů

BLZ / 25 %

Realizace dvou produktů vystavovaných v rámci ateliérového projektu Na Mars! Na Designbloku 2022.



Na Mars! - VR výstava a web

AKZ / 25 %

Realizace VR výstavy a webu v rámci ateliérového projektu Na Mars! Na Designbloku 2022.



Na Mars! - Brožura

CMZ / 25 %

Brožura k výstavě v rámci ateliérového projektu Na Mars! Na Designbloku 2022.

Publikační a umělecká činnost autora

Štěpán Dlabaja | 2023



Awincado - maskot

CMZ / 99 %

Realizace maskota pro společnost Awincado s.r.o.



Půjdem spolu do Betléma! - Tři králové

CMZ / 99 %

Tři králové vytvoření pro projekt Půjdem spolu do Betléma, který byl opencallem a společnou vánoční výstavou Fakulty multimediálních komunikací UTB ve Zlíně v roce 2021.



Půjdem spolu do Betléma! - Pastýř a ovečky

CMZ / 99 %

Pastýř a jeho ovečky vytvoření pro projekt Půjdem spolu do Betléma, který byl opencallem a společnou vánoční výstavou Fakulty multimediálních komunikací UTB ve Zlíně v roce 2021.

Ing. Štěpán Dlabaja, Ph.D.

Design dětské hračky na principu rozšířené reality

Design of a toy using augmented reality

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: Ing. Štěpán Dlabaja, Ph.D.

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Pořadí vydání: první

Rok vydání 2023

ISBN 978-80-7678-208-2

